



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

Título:

**“Análisis técnico de LTE para su implementación en la ciudad
de Managua, Nicaragua”**

Autores:

Br. Karina Leonor García Ruiz.

Carnet: 2009-32066.

Br. Raisa Deyanara Medina.

Carnet: 2009-31689.

Br. César Augusto Tenorio Zuniga.

Carnet: 2009-31929.

Tutor: Msc. Ing. Fernando Flores Guido.

Managua, 18 de Septiembre de 2014.



DEDICATORIA

A Dios y la Virgen Santísima por haberme acompañado y guiado a lo largo de esta etapa, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de experiencias y aprendizajes.

Con todo mi amor y agradecimiento a mis extraordinarios padres, quienes han hecho todo en la vida para que pueda lograr mis sueños, siempre serán mis más grandes pilares y ejemplos de vida por enseñarme a perseverar en la lucha.

Karina.

A Dios Todopoderoso por haberme dado la sabiduría suficiente para alcanzar esta meta, fortaleciéndome en las dificultades y guiando mis pasos, cumpliendo cada día su propósito en mi vida.

A mi madre y hermana, quienes han depositado su confianza en mí y me han brindado todo su apoyo incondicional durante estos años de estudio, enseñándome a perseverar en todo momento.

Raisa.

A Dios, por darme la oportunidad y el milagro de vivir, por acompañarme en cada paso que doy, por iluminar mi mente con sabiduría y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis Padres por darme la mejor educación y enseñarme que todas nuestras metas hay que valorarlas, trabajarlas y luchar para lograr los objetivos de la vida para ser una persona de éxito.

César.



AGRADECIMIENTO

A nuestros profesores, a quienes debemos gran parte de nuestros conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza, de manera muy especial a nuestro tutor Msc. Ing Fernando Flores, por su apoyo y motivación para culminar nuestros estudios profesionales con el presente trabajo monográfico.

Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de quienes formamos el grupo de trabajo. Los amigos que hoy compartimos este mismo logro, nos agradecemos mutuamente toda la ayuda, constancia y dedicación para alcanzar la meta, pero sobre todo los gratos momentos juntos.

Karina, Raisa y César.



RESUMEN

El presente proyecto monográfico nace de la necesidad de realizar un análisis de carácter técnico sobre la nueva generación de telefonía móvil, analizando en detalle como 4G LTE evoluciona el mercado, permitiendo tener conexiones de banda ancha móvil con altas tasas de datos, además da a conocer parámetros necesarios para un futuro diseño e implementación de esta tecnología en las redes telefónicas en la ciudad de Managua, Nicaragua.

El primer capítulo aborda la regulación de las telecomunicaciones inicialmente a nivel internacional, incluyendo organismos normativos, recomendaciones y estándares correspondientes para el acceso a las redes de comunicaciones a nivel mundial, luego enfatiza en la regulación nacional a través del Ente Regulador de la República de Nicaragua. Debido al auge de las telecomunicaciones, también se presenta el desarrollo de la telefonía móvil desde sus primeras generaciones hasta el día de hoy.

El segundo capítulo, está enfocado en la migración de las tecnologías, atravesando la evolución hacia la banda ancha móvil hasta llegar a la última generación, dando paso al despliegue de LTE en América Central. Respecto a esta tecnología se especifican sus aspectos más característicos, dando a conocer las capacidades del sistema, las técnicas involucradas, arquitectura y otros.

En el tercer capítulo, se presenta el estado actual de las redes móviles de telefonía en Nicaragua y los procedimientos que hasta el momento se han llevado a cabo en el país para la implementación de LTE.

El cuarto capítulo, plantea aspectos relacionados al análisis necesario para una futura implementación de la tecnología en cuestión en la ciudad de Managua, exponiendo el enfoque desde los operadores y hacia los usuarios.



El principal objetivo de este análisis es entregar una herramienta informativa para dar pauta a posteriores estudios que con sus resultados y propuestas permitan ampliar la visión acerca del despliegue de una red de cuarta generación como LTE en territorio nacional.



ABSTRACT

This monograph project emerge from the need to make a technical analysis of the new generation mobile phone, analyzing in detail how 4G LTE is evolving the market, enabling mobile broadband connections with high data rates, also discloses parameters for future design and implementation of this technology in telephone networks in the city of Managua, Nicaragua.

The first chapter focuses on the regulation of telecommunications initially internationally, including regulatory bodies, recommendations and relevant standards for access to communications networks globally, then it emphasizes the national regulation through the Regulatory Agency of the Republic of Nicaragua. Due to the boom of telecommunications also presents the development of mobile telephony since its first generations until today.

The second chapter focuses on the migration of technologies, through the evolution to mobile broadband up to the next generation, leading to the deployment of LTE in Central America. Regarding this technology are specified it's most characteristic features, revealing the capabilities of the system, the techniques involved, architecture and others.

In the third chapter, the current state of mobile phone networks in Nicaragua and procedures which until now have been performed in the country for the implementation of LTE is presented.

The fourth chapter presents aspects of the analysis required for future implementation of the technology in question in the city of Managua, exposing the focus from operators and to users.

The main objective of this analysis is to provide an informative tool to give direction to future studies with their results and proposals, that allow to expand



the vision on the deployment of a network like LTE fourth generation in the country.



INDICE

INTRODUCCION.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVOS	8
CAPÍTULO 1 - REGULACIONES Y GENERACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL ...	9
1.1 International Telecommunications Union (ITU)	9
1.1.1 Sectores de la ITU	9
1.1.2 Estados miembros de la ITU	10
1.2 International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000).....	12
1.2.1 3rd Generation Partnership Project (3GPP).....	17
1.3 International Mobile Telecommunications Advanced (IMT-Advanced) ..	22
1.3.1 Prestaciones esenciales de IMT-Advanced	23
1.4 Generalidades de regulación.....	23
1.4.1 Ente regulador de las telecomunicaciones en Nicaragua	24
1.4.2 Regulación del espectro radioeléctrico	26
1.4.3 Servicios de telecomunicaciones en Nicaragua.....	33
1.5 Generaciones de telefonía móvil	34
1.5.1 Primera Generación (1G).....	35
1.5.2 Segunda Generación (2G).....	36
1.5.3 Tercera Generación (3G).....	37
1.5.4 Cuarta Generación (4G)	38
CAPÍTULO 2 - EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES HACIA LA BANDA ANCHA MÓVIL Y SU PENETRACIÓN EN AMÉRICA LATINA	39
2.1 Migración tecnológica.....	39
2.1.1 GPRS.....	43
2.1.2 EDGE.....	48
2.1.3 Evolución de las comunicaciones móviles hacia la banda ancha ...	53
2.1.4 UMTS/WCDMA.....	56



2.1.5	Evolución de la red UMTS hacia LTE	68
2.1.6	LTE	69
2.1.7	LTE Advanced	102
2.2	Tendencias y perspectivas de LTE	117
2.2.1	Desarrollo de LTE en América Central	119
CAPÍTULO 3 - SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS DE LA TELEFONÍA Y DATOS MÓVILES EN NICARAGUA		124
3.1	Evaluación técnica de la telefonía y datos móviles en Nicaragua	124
3.1.1	Estadísticas del servicio de telefonía celular en Nicaragua	125
3.1.2	Servicios disponibles	128
3.1.3	Tendencia evolutiva de servicios	148
3.2	Ingreso al país de nuevos operadores de tecnología LTE	152
CAPÍTULO 4 - CONSIDERACIONES PARA UNA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE LTE EN MANAGUA, NICARAGUA.....		159
4.1	Convergencia a 4G LTE	159
4.2	Migración a 4G LTE.....	162
4.2.1	Propuesta de equipos de red y terminales de usuario para la implementación de LTE	166
4.2.2	Comparativas de migración de los usuarios	185
4.3	Beneficios de LTE para la comunicación móvil en la ciudad de Managua	187
CONCLUSIONES.....		189
RECOMENDACIONES		191
BIBLIOGRAFÍA.....		192



INTRODUCCION

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han registrado mayor evolución en los últimos años. Esto se ha convertido en punto clave para el desarrollo social y económico de un país, por lo que las telecomunicaciones se han transformado en un servicio de mucha importancia.

El estudio de los sistemas de comunicaciones móviles es oportuno para alcanzar el objetivo de proporcionar cada vez mejores y más variados servicios que contribuyan al desarrollo de las telecomunicaciones en el país.

A continuación se exponen algunos conceptos necesarios para iniciar el análisis, partiendo de que una red es un conjunto de dispositivos interconectados entre sí, ya sea por medio de cables o del espectro radioeléctrico (ondas de radio), a esta última se le denomina red inalámbrica.

En cuanto a redes inalámbricas, existen muchas tecnologías que se diferencian por la frecuencia de transmisión que utilizan, el alcance y la velocidad de sus transmisiones. Estas redes le brindan movilidad a los usuarios, ya que permiten que los dispositivos remotos se conecten sin dificultad, ya sea que se encuentren a unos metros de distancia como a varios kilómetros.

Por el otro lado, existen algunos asuntos relacionados con la regulación legal del espectro electromagnético. Las ondas electromagnéticas se transmiten a través de muchos dispositivos para diferentes usos, por lo que son propensos a las interferencias. Por esta razón, todos los países necesitan regulaciones que definan los rangos de frecuencia y la potencia de transmisión que se permite a cada categoría de uso.

Por lo general, las redes inalámbricas se clasifican en varias categorías, de acuerdo al área geográfica desde la que el usuario se conecta a la red (denominada área de cobertura):

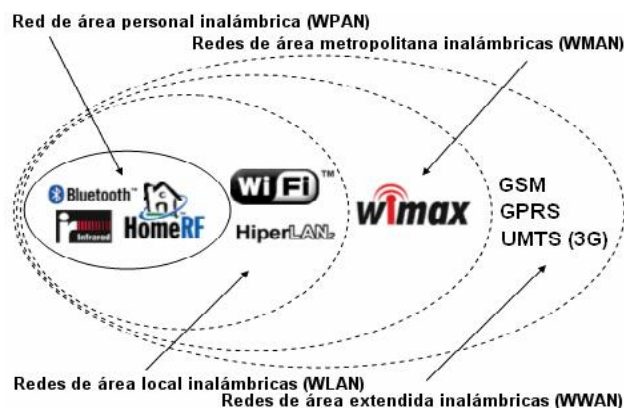


Figura 1. Clasificación de las redes inalámbricas. (Kioskea.net, 2014)

Dentro de las redes inalámbricas se encuentran las redes de telefonía móvil, también llamada telefonía celular. Una comunicación a través de teléfonos móviles, es aquella en la que los teléfonos no están conectados físicamente mediante cables, el medio de transmisión es el aire y el mensaje se envía por medio de ondas electromagnéticas.

Estas redes básicamente están formadas por dos grandes partes: una red de comunicaciones (o red de telefonía móvil) y los terminales (o teléfonos móviles) que permiten el acceso a dicha red.

La telefonía móvil se ha convertido en un instrumento muy utilizado, ya que permite establecer y mantener comunicación en todo momento. La necesidad de los usuarios de permanecer comunicados y la gran cantidad de aplicaciones que en la actualidad están dirigidas a satisfacer dicho fin, han hecho que esta red extienda sus alcances, incorporando video y datos a la transmisión de voz a través de la red de datos móvil, permitiéndonos complementar un sinnúmero de actividades diarias desde dispositivos móviles.



Las redes de telefonía celular han ido evolucionando desde la 1G (primera generación) que solo permitía la transmisión de voz, hasta la tecnología puntera hoy en día que se conoce como LTE (Long Term Evolution), es decir, evolución a largo plazo, estas siglas hacen referencia a un nuevo estándar de banda ancha móvil que da vida a las redes 4G (cuarta generación).

Actualmente el nuevo estándar de telecomunicaciones denominado LTE, es el que presenta mayor crecimiento a nivel mundial. Los operadores están siendo atraídos por los beneficios que esta nueva tecnología promete como: un aumento en el ancho de banda, mayor capacidad de la red, un mejor uso del espectro, la reducción de precios, menor latencia, dispositivos más atractivos para los usuarios y demás prestaciones.

LTE se traduce a nivel de usuario, a un sistema que otorgue a cualquier dispositivo móvil, la capacidad de conectarse desde y en cualquier país del mundo a velocidades similares o incluso superiores, a las conseguidas por la banda ancha tradicional (aumento de la eficiencia y mejora de los servicios ya prestados). La tecnología LTE ya se ha implementado en varios países como Estados Unidos, Brasil y Alemania, además ya se está expandiendo a nivel mundial.

El despliegue de 4G LTE es muy importante para todos los profesionales de las telecomunicaciones, ya que día tras día se ha perseguido la idea de lograr establecer una comunicación con personas que se encuentran a varios kilómetros de distancia tal como si estuviesen a unos cuantos metros, esta tecnología ofrece la oportunidad de lograrlo, ya que permite la entrega de video HD bajo demanda, una navegación diez veces más rápida que las velocidades actuales, video conferencia en alta definición, entre otras aplicaciones, que pueden ser utilizados tanto a través de dispositivos móviles como de módems inalámbricos fijos.



Además desde otro punto de vista, es también beneficiosa para aquellos profesionales que laboran en las empresas operadoras de servicios, ya que esta tecnología les permite fortalecer la competitividad en banda ancha inalámbrica y ofrecer nuevos servicios a los clientes.

Como se mencionó anteriormente, los continuos avances tecnológicos han facilitado la comunicación y hasta el trabajo a distancia, lo que crea en los usuarios una creciente necesidad de constante conexión y también altas tasas de transferencia para la satisfacción de sus necesidades. Aunque nuestro país está en vías de desarrollo económico, debe evolucionar tecnológicamente aun cuando sea paulatinamente. Actualmente en Nicaragua existen dos empresas de telecomunicaciones que ofrecen los servicios relacionados a la telefonía y datos móviles ambas con amplia cobertura nacional, América Móvil (Claro) y Telefónica (Movistar) las cuales operan en las frecuencias 1900 y 850 MHz respectivamente, con una tecnología denominada HSPA+ y una tercera empresa que es Yota de Nicaragua S.A. que ofrece servicios de internet en frecuencias de 2.5 y 2.6 GHz WiMAX en el área de Managua, Ciudad Sandino y Masaya. Pero ninguna de las operadoras antes mencionadas cuenta con una red LTE 4G. (Martínez, LaPrensaMovil.com, 2014) (Wikipedia, 2014)

Si bien se sabe las tecnologías implementadas en las redes de comunicaciones están regidas por estándares, dentro de los cuales se plantean aspectos importantes como los esquemas de modulación involucrados, las velocidades de transmisión, entre otros varios, con esto se quiere resaltar que existen fronteras tecnológicamente hablando, es decir, que cuando una tecnología ya no proporciona más avances a sus usuarios o no logra satisfacer sus demandas, se debe de evolucionar ya sea a una mejora de la misma tecnología o a una nueva tecnología.



De lo planteado se debe destacar que para la implementación de una nueva tecnología, se han de realizar estudios previos que arrojen resultados aproximados de lo que la evolución tecnológica requeriría y/o aportaría al país.

En nuestro trabajo, se realizará un análisis sistemático de la tecnología LTE, sus características, arquitectura, entre otros; con el fin de evaluar los diferentes requerimientos que deben ser tomados en cuenta para su posible implementación en la ciudad de Managua.

Como egresados de la carrera Ingeniería en Telecomunicaciones, consideramos que con la realización de este análisis principalmente enfocado en los aspectos técnicos para la implantación de una red LTE en Managua, podemos aportar al desarrollo tecnológico del mismo, ya que se abordaría una realidad actual y tangible, que quizás en un futuro cercano podría ser un aporte técnico a los estudios que se realicen para implementar una red LTE en Managua, ya sea por una de las tres empresas existentes en el país o por una nueva.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con los años y avances tecnológicos el número de usuarios en el país tanto de la telefonía celular, como de las aplicaciones en internet han incrementado considerablemente. Ante tal crecimiento, los actuales operadores de telefonía celular han experimentado una alta demanda de ancho de banda, velocidad y disponibilidad de recursos. Es aquí donde entra LTE, una tecnología que permite una mayor cantidad y variedad de usuarios móviles conectados con mayores velocidades.

La principal diferencia entre la tecnología 4G y sus predecesoras es que está basada completamente en el protocolo IP, además de la capacidad para proveer mayores velocidades de acceso, manteniendo una calidad de servicio de punta a punta de alta seguridad. Estas características implican cambios en diversos aspectos de la telefonía móvil para los usuarios y las empresas proveedoras de servicios, quienes deben garantizar la satisfactoria coexistencia de la nueva tecnología con sus predecesoras.

Ya que Nicaragua es un país con una penetración tecnológica baja con respecto a otros países del mundo, se tendría que analizar qué tan preparado está para adoptar esta nueva tecnología, es por eso que este estudio está enfocado en la ciudad de Managua, considerando que es el territorio más idóneo para iniciar la implementación de una nueva tecnología debido a que es la capital del país. Se observa desde la perspectiva del operador como desde la del cliente, desde el operador se podría observar si estos tienen la infraestructura necesaria para implementar esta tecnología y poder llevarla hasta el cliente, y desde la perspectiva del cliente o usuario, ¿qué tan preparados estamos para esto? ¿Se tienen los recursos necesarios?, estas serían unas preguntas que se deben responder para el objeto de estudio. Por todo lo antes mencionado se considera importante realizar un análisis técnico sobre el impacto que tendrá la implementación de una red LTE en nuestro país.

JUSTIFICACIÓN

El problema anteriormente planteado está directamente relacionado con la realidad de los actuales operadores en el país, quienes tienen el compromiso de brindar servicios de buena calidad ante la alta demanda de los usuarios.

Dentro de los planes de crecimiento y actualización de los operadores presentes en Nicaragua, está la evolución de sus redes a 4G. Además para un futuro cercano está prevista la entrada en funcionamiento de un nuevo operador con LTE en el país.

Conscientes, de que se encuentra a la vista la tecnología 4G con nuevas características en las arquitecturas de red, desplegando servicios basados en IP, aumentando la capacidad de transmisión, disminuyendo la latencia y solucionando problemas de movilidad (garantizando internet en movimiento), lo que ofrece mayor estabilidad a los servicios; se considera que LTE se perfila como una tecnología con mayor proyección gracias a todos estos diferentes factores, los cuales a nuestro criterio resultarán en beneficios para los usuarios en su experiencia diaria con la red móvil, ya que dichos usuarios tienen diversas profesiones, oficios y realizan distintas actividades, lo que implica que estos beneficios no están limitados a sectores en específico, sino que diferentes grupos de usuarios podrán acoplar los beneficios y facilidades de la red a sus necesidades, es decir, no se habla solamente de usuarios particulares sino también de corporaciones que pueden incrementar su productividad.



OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar un análisis técnico de las principales características de LTE, para identificar el impacto que la implementación de esta tecnología en la ciudad de Managua, podría tener tanto en los operadores de telecomunicaciones como en los usuarios.

Objetivos Específicos

- Identificar las características del modelo LTE.
- Evaluar de manera comparativa LTE con respecto a las tecnologías predecesoras.
- Exponer el nivel de desarrollo tecnológico en las actuales redes de telefonía celular y datos móviles en Managua.
- Identificar el impacto de LTE en el territorio analizado, abordando aspectos relacionados a procesos de convergencia, migración y/o evolución que los operadores de telecomunicaciones tendrán que considerar para la implementación de esta tecnología en sus redes.
- Analizar las capacidades de LTE, para señalar los beneficios que la implementación de esta puede entregar a los usuarios.
- Identificar las ventajas y desventajas de la tecnología propuesta.

CAPÍTULO 1 - REGULACIONES Y GENERACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL

En este primer capítulo se abordan algunos aspectos relacionados con la normativa y regulación de las Telecomunicaciones, aterrizando en Nicaragua a través del Ente Regulador correspondiente, destacando algunos aspectos y luego se presenta una breve reseña sobre las generaciones de telefonía móvil.

1.1 International Telecommunications Union (ITU)

La ITU o UIT (por sus siglas en español, Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las tecnologías de la información y la comunicación, TIC.

Atribuye el espectro radioeléctrico y las órbitas de satélite a escala mundial, elabora normas técnicas que garantizan la interconexión continua de las redes y las tecnologías, esforzándose por mejorar el acceso a las TIC de las comunidades insuficientemente atendidas de todo el mundo.

La UIT está comprometida para conectar a toda la población mundial dondequiera que viva y cualesquiera que sean los medios de que disponga. Por medio de su labor, protege y apoya el derecho fundamental de todos a comunicar. (ITU, 2014)

1.1.1 Sectores de la ITU

La UIT cuenta con tres ámbitos de actividad principales, organizados en "Sectores" que desarrollan su labor a través de conferencias y reuniones.

- El **Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT R)** coordina todo este vasto y creciente conjunto de servicios de radiocomunicaciones, y se encarga de la gestión internacional del espectro de frecuencias radioeléctricas y las órbitas de los satélites.

- El **Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (UIT T)** es el encargado de las normas de la UIT (llamadas Recomendaciones) fundamentales para el funcionamiento de las actuales redes de TIC. Sin las normas de la UIT no se podrían efectuar llamadas telefónicas ni navegar por Internet. El acceso a Internet, los protocolos de transporte, la compresión de voz y vídeo, las redes domésticas e incontables otros aspectos de las TIC dependen de centenares de normas de la UIT para poder funcionar a escala local y mundial.

- El **Sector de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT D)** tiene un programa para usted si está interesado en entrar o incrementar su presencia en mercados emergentes, demostrar un liderazgo mundial en el campo de las TIC, aprender a aplicar políticas acertadas o responder a las obligaciones de responsabilidad social de la empresa. En un mundo cada vez más interconectado, aumentar el acceso a las TIC en todo el mundo nos interesa a todos. La UIT, en respuesta a su mandato internacionalmente acordado, que le asigna como finalidad "reducir la brecha digital", impulsa varias iniciativas importantes como los eventos ITU Connect o Conectar una escuela, conectar una comunidad. La UIT también publica periódicamente las estadísticas de las TIC más completas y fiables. (ITU, 2014)

1.1.2 Estados miembros de la ITU

Como organización basada en la asociación público-privada desde su creación, la UIT cuenta en la actualidad con 193 países miembros y más de 700 entidades del sector privado e instituciones académicas. La UIT tiene su Sede en Ginebra (Suiza), y cuenta con 12 oficinas regionales y de zona en todo el mundo.

Los miembros de la UIT representan una sección transversal del sector mundial de las TIC, desde los mayores fabricantes y operadores del mundo hasta los

pequeños actores innovadores que cuentan con tecnologías nuevas y emergentes, junto a las principales entidades de I+D e instituciones académicas.

El término investigación y desarrollo, abreviado I+D, (en inglés: research and development, abreviado R&D), puede hacer referencia, según el contexto, a la investigación en ciencias aplicadas o bien ciencia básica utilizada en el desarrollo de ingeniería, que persigue con la unión de ambas áreas un incremento de la innovación que conlleve un aumento en las ventas de las empresas.

Basada en el principio de la cooperación internacional entre los gobiernos (Estados Miembros) y el sector privado (Miembros de Sector, Asociados e Instituciones Académicas), la UIT es el primer foro mundial en el que las partes colaboran para lograr un consenso sobre una amplia gama de cuestiones que afectan a la futura orientación de la industria de las TIC. (ITU, 2014)

Nicaragua es un estado miembro de la ITU:

Tabla 1. Asignacion ITU – Nicaragua. (ITU, 2014)

Designación	Región Administrativa	Símbolo de País	Nombre de Dominio	Fecha de Entrada
Nicaragua	A	NCG	.ni	1926/05/12

The screenshot shows the ITU Global Directory website. The header includes the ITU logo and navigation links. The main content area displays the 'ITU Global Directory' with a search bar and a list of member states. Nicaragua is listed as a member state under the 'ITU-T' category. The page also includes a sidebar with links to various ITU services and a footer with contact information.

Figura 2. Nicaragua miembro de la ITU. (ITU, 2014)

1.2 International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000)

El estándar mundial para redes inalámbricas de Tercera Generación (3G) desarrollado y aprobado por la UIT es IMT-2000 (Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000). Definido como un conjunto de recomendaciones interdependientes que constituyen el marco para el acceso a nivel mundial y permite conectar diversos sistemas de redes terrenales o por satélite.

La UIT ha establecido las actividades normativas de las IMT-2000 en tres sectores:

- Normalización de las Telecomunicaciones UIT-T: Se encarga de los aspectos de las redes en las comunicaciones móviles, la red internet inalámbrica, convergencia de redes móviles y fijas, funciones de

multimedia móviles, la interoperabilidad y la mejora constante de las UIT-T sobre las IMT-2000.

- Radiocomunicaciones UIT-R: Se encarga del espectro de radiofrecuencia en todo su conjunto y de los aspectos de radiocomunicaciones de las IMT-2000 y futuros.
- Desarrollo de las comunicaciones UIT-D: Difunde asistencia de los países en desarrollo para la implementación de IMT-2000.

Con el fin de justificar un cambio evolutivo considerable en relación con la anterior generación, la UIT exige una serie de requisitos para las redes IMT-2000; estos son: una mayor capacidad del sistema, una mayor eficiencia espectral, y una mayor velocidad de transmisión en entornos fijos y móviles. Así los grandes objetivos de la IMT-2000 son:

- Proporcionar cobertura mundial, permitiendo a las unidades cambiar de sistemas y de redes. Reservando una porción del espectro en todo el mundo.
- Alta capacidad de transmisión de datos, con capacidad de soportar tanto la conmutación de circuitos como la conmutación de paquetes, así como sistemas de multimedia.
- Permitir movilidad con alta velocidad de datos, ya sea en vehículos o con personas en movimiento.



En 1999 se aprobaron cinco especificaciones de interfaces de radio terrestres para las IMT-2000:

- IMT-DS (*Direct Spread*): Conocido como UTRA FDD (*Universal Mobile Telecommunications System-UMTS Terrestrial Radio Access FDD (Frequency Division Duplex)*) o WCDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*).
- IMT-MC (*Multi Carrier*): Conocido como CDMA2000.
- IMT-TC (*Time-Code*): Este sistema es el UTRA TDD (*UMTS Terrestrial Radio Access TDD (Time Division Duplex)*).
- IMT-SC (*Single Carrier*): Tiene características comunes al modo de transmisión por paquetes GPRS (*General Packet Radio System*) de GSM y a EDGE.
- IMT-FT (*Frequency Time*): Conocido como DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunications*).

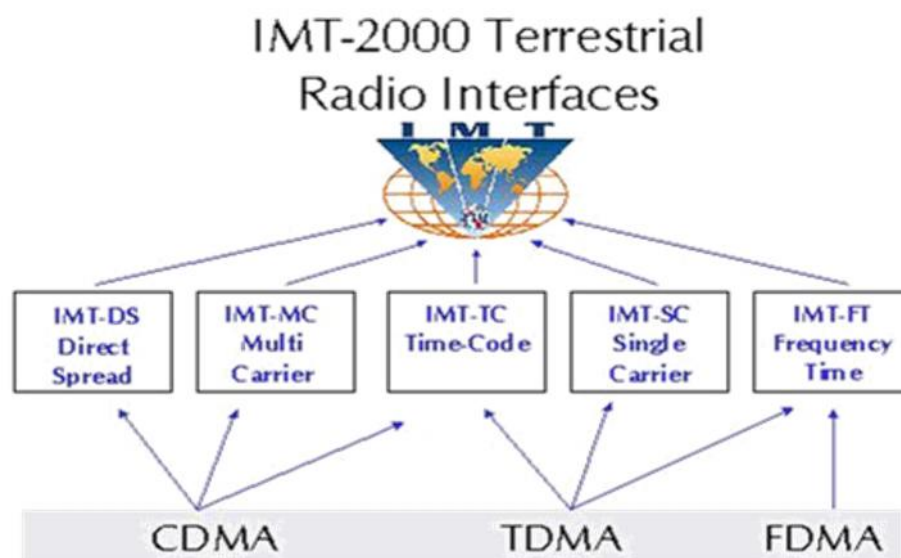


Figura 3. Interfaces de radio de la familia IMT-2000. (Leite & Lambert, 2002)

La IMT-2000 contempla 3 técnicas de acceso al medio, como lo observamos en la figura anterior: FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia), TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo), y CDMA (Acceso Múltiple por División de Código).

- FDMA: A cada usuario se le asigna una frecuencia distinta.
- TDMA: Varios usuarios utilizan el mismo canal de frecuencia secuencialmente. Las ranuras del tiempo se repiten.
- CDMA: Esta es la técnica que ha dado mayores ventajas, ya que supera el desempeño y la eficiencia espectral de las anteriores. Cada canal se esparce sobre la banda de frecuencia disponible. Varios usuarios usan la misma banda al mismo tiempo. A cada usuario se le asigna un código único. (Chimbo Rodríguez, 2014)

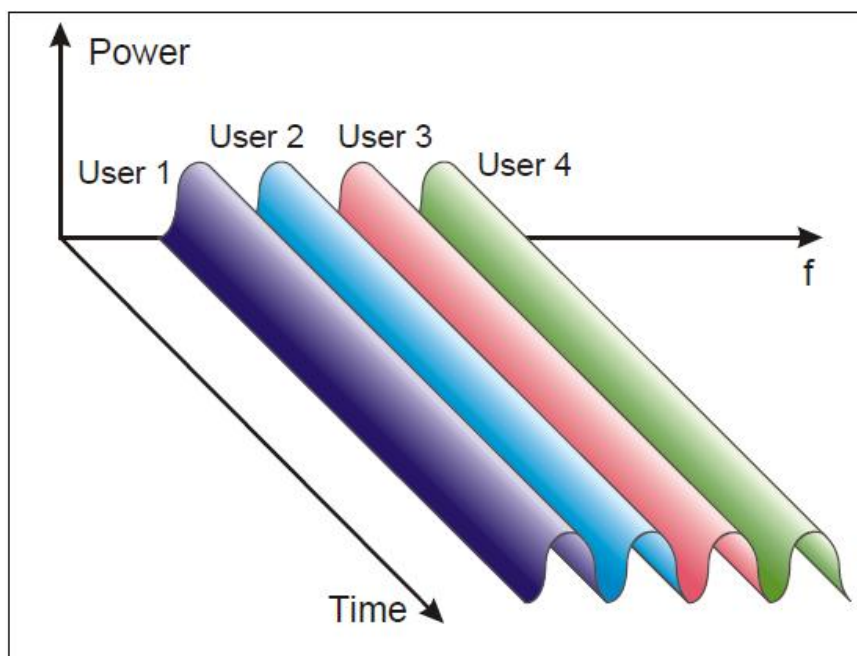


Figura 4. FDMA. (TELCEL, Servicio Técnico R9, 2014)

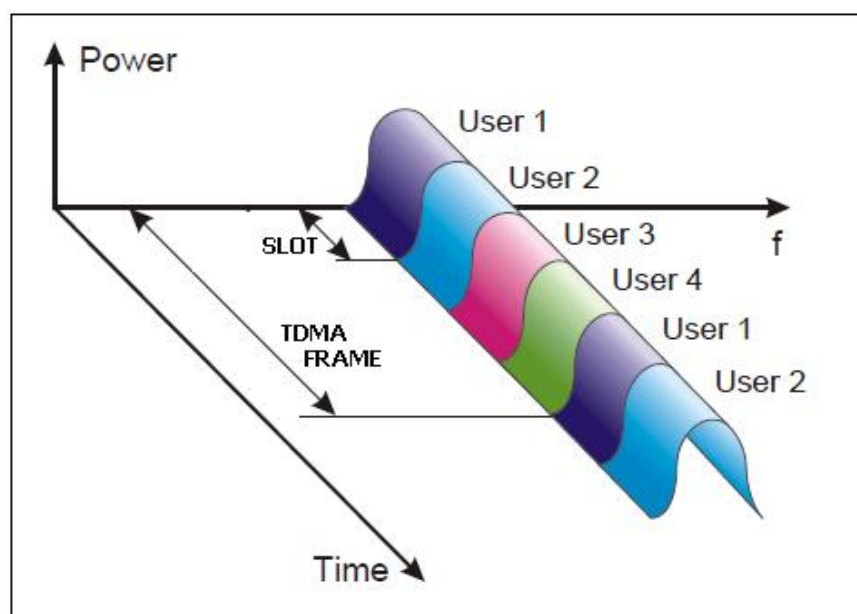


Figura 5. TDMA. (TELCEL, Servicio Técnico R9, 2014)

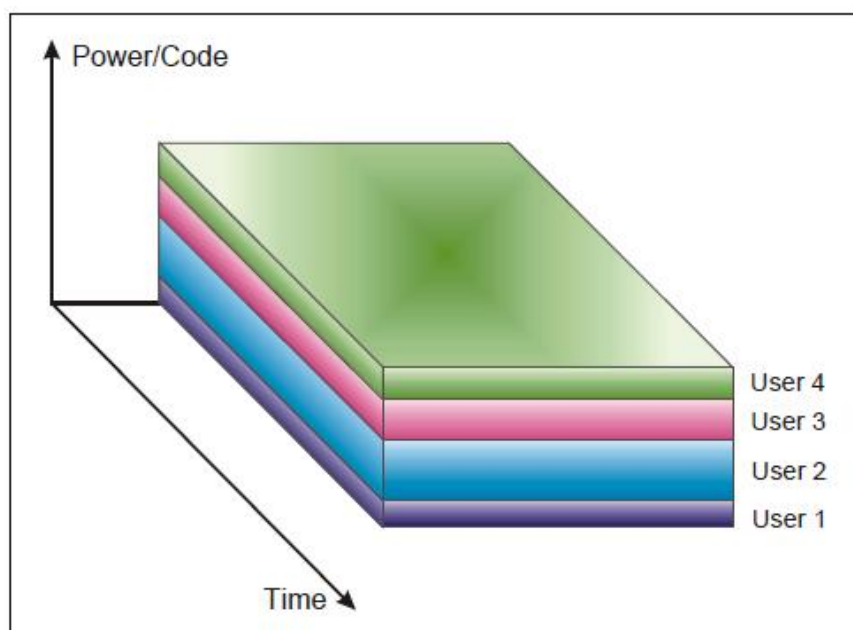


Figura 6. CDMA. (TELCEL, Servicio Técnico R9, 2014)

1.2.1 3rd Generation Partnership Project (3GPP)

El Foro *3rd Generation Partnership Project* (Proyecto Asociación de Tercera Generación) conocido por sus siglas 3GPP se creó en diciembre de 1998, está constituido por organismos normativos de diferentes países, que conforman lo que se conoce como socios constituyentes. El objetivo principal es hacer extensivo al planeta las aplicaciones de Tercera Generación (teléfono móvil) con especificaciones de sistemas IMT-2000.

Su alcance inicial fue producir especificaciones e informes técnicos de un sistema móvil 3G basado en GSM, posteriormente este alcance fue modificado para incluir el mantenimiento y evolución de:

- El sistema global para comunicaciones móviles (GSM), ahora comúnmente conocidos como sistemas UMTS, incluyendo las tecnologías de acceso de radio evolucionadas (GPRS y EDGE).

- Una evolución de la Tercera Generación y más allá de los sistemas móviles basados en el desarrollo 3GPP de los núcleos de red y tecnologías de acceso de radio con el apoyo de los socios.
- Una evolución del Subsistema Multimedia IP o *IP Multimedia Subsystem* (IMS), que es un conjunto de especificaciones que describen la arquitectura de las redes de siguiente generación, para soportar telefonía y servicios multimedia a través de IP.

Uno de los socios es la *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI), es una organización establecida con el fin de elaborar normas europeas de telecomunicaciones, que se encarga de traducir los documentos elaborados por el 3GPP a normas europeas. La versión europea de los sistemas de telefonía móvil de Tercera Generación se denominó UMTS.

Con el objetivo de no quedarse sin capacidad para cubrir las necesidades del mercado, el 3GPP evolucionó el sistema UMTS desde su primera versión, la *Release 99*, incluyendo importantes mejoras que llevaron a nuevas variantes del estándar, como HSDPA, *High Speed Uplink Packet Access* (HSUPA), HSPA y HSPA+, todas caracterizadas por el incremento sustancial de la capacidad de transmisión y la mejor adecuación a la conmutación de paquetes.

En el 2004, 3GPP inició los estudios relacionados con la evolución de la red 3G hacia la Cuarta Generación Móvil (4G). Dentro del camino tecnológico el enlace entre las dos generaciones dado por el 3GPP lo marca la tecnología *Long Term Evolution* (LTE), que puede considerarse como precursora de las redes 4G o el sistema más potente dentro de las tecnologías de 3G.

3GPP no debe ser confundido con *3rd Generation Partnership Project 2* (3GPP2), el mismo que especifica estándares para otra tecnología 3G tomando

como base de partida IS-95 (CDMA), comúnmente conocido como CDMA2000. (Chimbo Rodríguez, 2014)

Los sistemas 3GPP se encuentran desplegados por la mayoría del territorio donde el mercado GSM está establecido. Mayormente sistemas de Versión 6, pero desde 2010, con el mercado de teléfonos inteligentes creciendo de forma exponencial, el interés por los sistemas HSPA+ y LTE está impulsando a las compañías a adoptar sistemas Versión 7 y demás avanzados.

Desde 2005, los sistemas 3GPP están siendo desarrollados en los mismos mercados que los sistemas 3GPP2 de tecnología CDMA. Eventualmente los estándares 3GPP2 desaparecerán dejando a los 3GPP como únicos estándares de tecnología móvil. (Wikipedia, 2014)

1.2.1.1 Revisiones del 3GPP

La estandarización de una norma supone la definición de un extenso conjunto de especificaciones que garanticen el funcionamiento global del sistema. Al ser un proceso gradual con continuas evoluciones o revisiones, 3GPP propuso la planificación anual de este conjunto de normas que se conocen con el nombre de “Release”. Esto permite mantener el sistema funcionando al mismo tiempo que se lo va mejorando y completando. Podemos mencionar los siguientes Release: (Chimbo Rodríguez, 2014)

Tabla 2. Revisiones 3GPP. (Wikipedia, 2014)

Versión	Data	Información
Fase 1	1992	Características del sistema GSM
Fase 2	1995	Características del sistema GSM, Códec EFR.



Versión 96	1997 Q1	Características del sistema GSM, 14.4 kbit/s de ancho de banda para el usuario.
Versión 97	1998 Q1	Características del sistema GSM, Aparición del GPRS.
Versión 98	1999 Q1	Características del sistema GSM, Aparición del AMR, EDGE i GPRS per PCS1900.
Versión 99	2000 Q1	Aparición de la primera red de tercera generación UMTS, incorporando una interfaz de aire CDMA.
Versión 4	2001 Q2	Originalmente llamada Versión 2000 – añadía características como una Red de núcleo all-IP.
Versión 5	2002 Q1	Introdujo el IMS y el HSDPA.
Versión 6	2004 Q4	Operación integrada con Redes LAN Wireless LAN y añadía HSUPA, MBMS, mejoras al IMS como Push to Talk over Cellular (PoC) y GAN.
Versión 7	2007 Q4	Esta versión se centró en rebajar la latencia, mejorar la Calidad de Servicio y el uso de aplicaciones en tiempo real como por ejemplo la Voz sobre IP VoIP. Esta versión también se centró en el desarrollo de la red HSPA+ (High Speed Packet Access Evolution), una mejora en el ancho de banda de los sistemas GSM EDGE llamada EDGE Evolution, el protocolo de alta velocidad SIM y el protocolo de comunicación sin contacto (Near Field Communication que permitió a los operadores ofrecer servicios como por ejemplo el pago a través del móvil Mobile Payments).



Versión 8	2008 Q4	Aparece la primera versión de red LTE así como la red All-IP (SAE). Aparecen también las nuevas interfaces de radio OFDMA, FDE i MIMO que no serán compatibles con las redes basadas en CDMA. Por último encontramos una primera especificación del Dual-Cell HSDPA.
Versión 9	2009 Q4	Mejoras de la red SAE, aparición del WiMAX y compatibilidad entre redes LTE i UMTS. Se sigue con el desarrollo del Dual-Cell HSDPA con MIMO, y aparece el Dual-Cell HSUPA.
Versión 10	2011 Q1	Aparece el LTE avanzado LTE-Advanced cumpliendo los requisitos del IMT Advanced 4G. Esta nueva especificación será compatible con el LTE desarrollado en la versión 8. Aparece la tecnología Multe-Cell HSDPA (4 portadoras).
Versión 11	Previsto para el Q3 de 2012	Interconexión IP de servicios avanzado, interconexión en la capa de servicio entre operadores nacionales y proveedores de aplicaciones.

1.3 International Mobile Telecommunications Advanced (IMT-Advanced)

Durante los últimos 20 años, la UIT se ha encargado de coordinar los esfuerzos desplegados por los poderes públicos, el sector industrial y el sector privado para crear un sistema mundial de telecomunicaciones móviles internacionales multimedios de banda ancha, conocido como las IMT.

Al igual que a final de los 90 la ITU creó un comité (IMT-2000) para definir lo que era una tecnología de tercera generación, en 2008 creó un nuevo comité denominado IMT-Advanced para determinar lo que debería ser una tecnología móvil de cuarta generación (4G). (Nieto, 2014)

"IMT-Avanzadas" proporciona una plataforma mundial en la que se basa la próxima generación de servicios móviles - acceso de datos rápido, multimedios de mensajería y de banda ancha unificados, en forma de nuevos servicios interactivos muy estimulantes.

Las Telecomunicaciones Móviles Internacionales-Avanzadas (IMT-Avanzadas) son sistemas móviles dotados de nuevas capacidades que superan las ofrecidas en las IMT-2000. Esos sistemas dan acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicación, en especial los servicios móviles avanzados, admitidos por redes fijas y móviles, que utilizan cada vez más la transmisión por paquetes.

Los sistemas de IMT-Avanzadas admiten aplicaciones de baja y alta movilidad y una amplia gama de velocidades de datos, de conformidad con las demandas de los usuarios y de servicios en numerosos entornos de usuario. Las IMT-Avanzadas también tienen capacidades destinadas a aplicaciones multimedios de elevada calidad en una amplia gama de servicios y plataformas, lo que les permite lograr mejoras considerables de funcionamiento y calidad de servicio. (ITU, 2014)

1.3.1 Prestaciones esenciales de IMT-Advanced

- Un alto grado de uniformidad de funciones en todo el mundo manteniendo al mismo tiempo la flexibilidad de admitir una amplia gama de servicios y aplicaciones rentables.
- Compatibilidad de servicios con las IMT y las redes fijas.
- Capacidad de interfuncionamiento con otros sistemas de acceso radioeléctrico.
- Servicios móviles de elevada calidad.
- Equipo de usuario de utilización en todo el mundo.
- Aplicaciones, servicios y equipos de fácil utilización.
- Capacidad de itinerancia mundial.
- Velocidades máximas de transmisión de datos mejoradas para admitir aplicaciones y servicios avanzados (como objetivo a los efectos de la investigación, se han establecido velocidades de 100 Mbit/s para una movilidad alta y de 1 Gbit/s para una movilidad baja).

Gracias a estas características, las IMT-Avanzadas pueden responder a la continua evolución de las necesidades de los usuarios, y continuamente se introducen mejoras en las capacidades de los sistemas de IMT-Avanzadas en armonía con las tendencias de los usuarios y la evolución de la tecnología. (ITU, 2014)

1.4 Generalidades de regulación

El Espectro Radioeléctrico es un recurso natural, de carácter limitado, que constituye un bien de dominio público, sobre el cual el Estado ejerce su soberanía. Es asimismo, un medio intangible que puede utilizarse para la prestación de diversos servicios de comunicaciones, de manera combinada o no con medios tangibles como cables, fibra óptica, entre otros.

Es uno de los elementos sobre los que se basa el sector de la información y las comunicaciones para su desarrollo y para todo ciudadano, se traduce en un medio para acceder a la información.

Ya que es un recurso de carácter limitado, el uso de este debe de ser regulado para su correcto uso y desempeño para brindar a los Nicaragüenses servicios que permitan el acceso a la información y comunicación, por lo tanto es importante abordar este tema en nuestro análisis.

En Nicaragua aunque las telecomunicaciones se desarrollan como una actividad económica libre para quienes deseen ejercerla, la Constitución Política y las Leyes establecen el marco regulatorio necesario para asegurar el interés del Estado en su prestación. Así pues el Estado conforme el artículo 105 de la Constitución Política detenta la obligación de promover, facilitar y regular la prestación de los servicios que generan las comunicaciones, sin reservarse la prestación de los mismos, sino más bien alentando la participación de los particulares e interviniendo cuando se hace necesario para brindar a la población el acceso universal a la información. Las comunicaciones en Nicaragua están calificadas constitucionalmente en el precitado artículo como un servicio público básico, cuya prestación genera derechos y obligaciones por parte de los usuarios y de las empresas operadoras de este servicio. (TELCOR, 2014)

1.4.1 Ente regulador de las telecomunicaciones en Nicaragua

Mediante Decreto Ley No. 1053 del 05 de junio de 1982, publicado en La Gaceta diario oficial no. 137 del 12 del mismo mes y año, se creó el Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos (TELCOR), como el "Ente Regulador" de los Servicios de Telecomunicaciones y Servicios Postales, una institución estatal, la cual tiene como funciones la normación, regulación, planificación técnica, supervisión, aplicación y el control del cumplimiento de las

Leyes y Normas que rigen la instalación, interconexión, operación y prestación de los Servicios de Telecomunicaciones y Servicios Postales.

Le corresponde a TELCOR la Administración y Regulación del Espectro de Frecuencias Radioeléctricas, así como también el otorgamiento de concesión, licencia, permiso o certificado de registro (de conformidad con la Ley y demás disposiciones legales aplicables) a Empresas interesadas en prestar Servicios de Telecomunicaciones y Servicios Postales o hacer uso de Frecuencias del Espectro Radioeléctrico.

La misión de TELCOR es garantizar, facilitar y promover el desarrollo planificado, ordenado, sostenido, eficaz y eficiente del sector de las telecomunicaciones y los servicios postales en un régimen de libre y leal competencia, en beneficio de los consumidores, fomentando el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones, facilitando inversiones en otros sectores de la economía y contribuyendo al progreso socioeconómico de la nación.

El aludido Decreto Ley No. 1053 es complementado por leyes y Reglamentos sectoriales, los cuales establecen de manera específica la regulación que debe ser aplicada a todas las personas naturales o jurídicas, que brindan o prestan servicios de telecomunicaciones clasificados en la Ley General de Telecomunicaciones y Servicios Postales, Ley No. 200 y su reglamento.

El Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos (TELCOR), en uso de las facultades y atribuciones regulatorias que le concede el artículo 1 de la Ley General de Telecomunicaciones y Servicios Postales y artículo 165 del Reglamento del mismo cuerpo de ley, ha emitido una serie de Reglamentos básicos de aspecto regulatorios y normas complementarias necesarias para el mejor cumplimiento de sus funciones, mismo que fueron emitidos atendiendo las particularidades del mercado de telecomunicaciones de nuestro país.

A continuación haremos mención del Artículo 2 del REGLAMENTO DE USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO Y DE LOS SERVICIOS DE RADIOCOMUNICACIONES - No. 01-97, estrechamente relacionado al tema.

“Artículo 2.- Todo aquel que use el espectro radioeléctrico para radiocomunicaciones en la República de Nicaragua incluidos los titulares de concesión, licencia, permiso o registro, están sujetos a la Ley 200, al Reglamento General, al presente Reglamento y a la normatividad técnica que al efecto emita TELCOR.”

Para asegurar el cumplimiento de la normativa vigente en materia de servicios de telecomunicaciones y correo, así como para garantizar el cumplimiento de las metas de calidad y expansión de los servicios autorizados por el Regulador, este lleva a cabo distintos mecanismos de supervisión. (TELCOR, 2014)

1.4.2 Regulación del espectro radioeléctrico

Asignación del espectro radioeléctrico en Nicaragua

Como se mencionó anteriormente, Nicaragua es un estado miembro de la ITU, por lo cual acata las recomendaciones hechas por la ITU para garantizar la interconexión continua de las redes y las tecnologías empleadas alrededor del mundo.

A continuación se presenta el CUADRO DE ATRIBUCION NACIONAL DE FRECUENCIAS DE NICARAGUA que en lo sucesivo se denominará CUADRO NACIONAL, el cual muestra el uso del espectro radioeléctrico por los servicios de radiocomunicación.

La atribución de bandas de frecuencias se presenta en dos partes denominadas: INTERNACIONAL (expuesta en tres columnas) y NACIONAL (expuesta en una columna).

La parte internacional refleja fielmente la actual atribución mundial de bandas de frecuencias contenida en el Reglamento de Radiocomunicaciones (Edición 2000) de la UIT, y tiene el propósito de indicar la compatibilidad de servicios nacionales de radiocomunicaciones de nuestro país en el marco internacional.

Con el propósito de planificar, atribuir, adjudicar y asignar las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, y que todos los países puedan compartir este recurso limitado en forma adecuada, en la UIT, se ha dividido al mundo en tres regiones. Con base en dicho concepto, la parte internacional del Cuadro Nacional, consta de tres columnas nombradas como: REGION 1, REGION 2 y REGION 3, definidas de manera general como sigue:

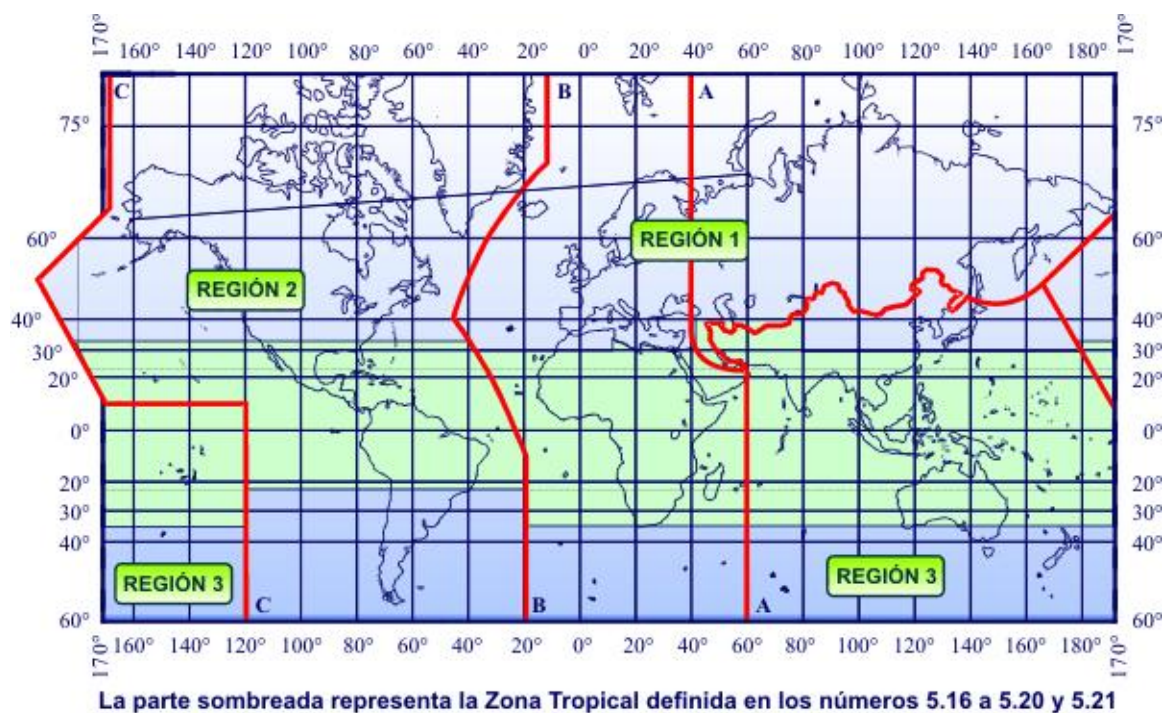


Figura 7. División del mundo en Regiones según la UIT. (TELCOR, 2014)

La parte correspondiente a Nicaragua (NACIONAL), está conformada por una columna donde (al igual que en la parte INTERNACIONAL), se representan los SERVICIOS Y NOTAS NACIONALES.

Interpretación del Formato adoptado en el Cuadro Nacional

Cada una de las columnas del CUADRO NACIONAL (REGION 1, REGION 2, REGION 3 Y NACIONAL), está conformada por casillas. Los datos inscritos en estas tienen un significado específico. A continuación, se presenta un ejemplo de carácter general:

Banda	Region1	Region2	Region3	Nicaragua
De 0Hz a 9KHz	No	No	No	Añicionados
	Atribuida.	Atribuida.	Atribuida.	
	Notas: 5.53, 5.54.	Notas: 5.53, 5.54.	Notas: 5.53, 5.54.	Notas: N1, N2.

Notas INTERNACIONALES estipuladas en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

Notas NACIONALES, estipuladas por TELCOR y que tienen preeminencia sobre las notas INTERNACIONALES.

Figura 8. Ejemplo General de Cuadro Nacional. (TELCOR, 2014)

Prioridad de los servicios de Radiocomunicaciones en el Cuadro Nacional

- Cuando en una casilla un servicio esté escrito con letras mayúsculas, tal servicio se encuentra atribuido a título primario, por ejemplo: MÓVIL AERONAUTICO.
- Cuando un servicio esté escrito con sus caracteres normales, tal servicio se encuentra atribuido a título secundario, por ejemplo: Móvil.

Tomando en consideración los incisos a) y b) anteriores, tenemos que:

Los servicios primarios: Tienen prioridad absoluta sobre cualquier otra categoría.

Los servicios secundarios:

- No deben causar interferencia perjudicial a las estaciones de un servicio primario a las que se le hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro.
- No pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones de un servicio primario a las que se les haya asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro.
- Tienen derecho a la protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones del mismo servicio o de otros servicios secundarios a las que se les asignen frecuencias ulteriormente.

En términos generales, en el presente CUADRO NACIONAL se trata básicamente con servicios primarios y secundarios.

Notas Internacionales y Nacionales

Al final del CUADRO NACIONAL se encuentran dos listas tituladas como “Descripción de Notas Internacionales” y “Descripción de Notas Nacionales”.

NOTAS

INTERNACIONALES

Las Notas Internacionales corresponden exactamente en numeración y contenido a las notas a pie de página de la versión del Cuadro Internacional de Atribución de Bandas de Frecuencias, del artículo 8 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (Edición 2000). Tales notas comienzan a partir del número 5.53 y la última es la número 5.565.

Los numerales correspondientes a notas internacionales aparecen única y exclusivamente en las primeras tres columnas del CUADRO NACIONAL, Nicaragua pertenece a la REGION 2 por lo que estas notas son las que tienen una injerencia directa en nuestro país.

NOTAS

NACIONALES

Las Notas Nacionales contienen información adicional sobre el uso que se hace en nuestro país de determinadas bandas de frecuencias. Las Notas Nacionales aparecen única y exclusivamente en la parte denominada “Descripción de Notas Nacionales”. La primera nota nacional está designada como N1 y la última como N127.

Con el propósito de reglamentar y normalizar los servicios de radiocomunicación en el ámbito nacional, TELCOR tiene en cuenta los acuerdos internacionales así como las modalidades propias que resultan de satisfacer necesidades internas del espectro radioeléctrico en nuestro país. Por lo tanto, TELCOR, considera las disposiciones establecidas en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, en el cual aparece el Cuadro con la atribución internacional de bandas de frecuencias comprendidas entre 9 KHz y 1000 GHz. (TELCOR, 2014)

En la página web oficial de TELCOR se pueden realizar consultas sobre la atribución nacional de frecuencias (por frecuencia, rango de frecuencias o por servicio) como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 9. Cuadro de Atribución de Frecuencias. (TELCOR, 2014)

Procedimiento legal para la prestación de servicios de cuarta generación con tecnología LTE

Para la prestación de servicios LTE, el Estado debe licitar una banda de frecuencia que se encuentre libre. Todas las inversiones que los operadores realicen, dependen de las bandas de frecuencia disponibles, pero no todas las bandas están disponibles en cada una de las regiones del mundo.

Cada una de las operadoras necesariamente requiere que el Estado asigne bandas en las que puede operar esta tecnología, la asignación de frecuencias en algunos casos podría resultar en un obstáculo para la implementación de la tecnología, debido a que existen varias bandas de frecuencia en las que se puede implementar LTE pero muchas de ellas ya están en uso por otras tecnologías celulares, o podría también resultar en un retraso mientras que pueden ser liberadas y reasignadas.

Se debe asignar el espectro evitando las interferencias con otras bandas o dispositivos utilizados de forma masiva, aprovechando los recursos del espectro para una buena propagación y permitiendo su uso eficiente sin desperdiciar el recurso. (Muñoz, Lara, & León, 2014)

Existen ciertos procedimientos para lograr la prestación de un servicio de telecomunicaciones, los operadores que pretenden brindar un servicio de telefonía celular en Nicaragua se rigen por las normativas del ente regulador TELCOR, ante el cual deben de solicitar un título, llenando los formatos correspondientes y cumpliendo con ciertos requerimientos a la hora de llenar los formularios. Dichos formatos se encuentran disponibles en la página web oficial de TELCOR.

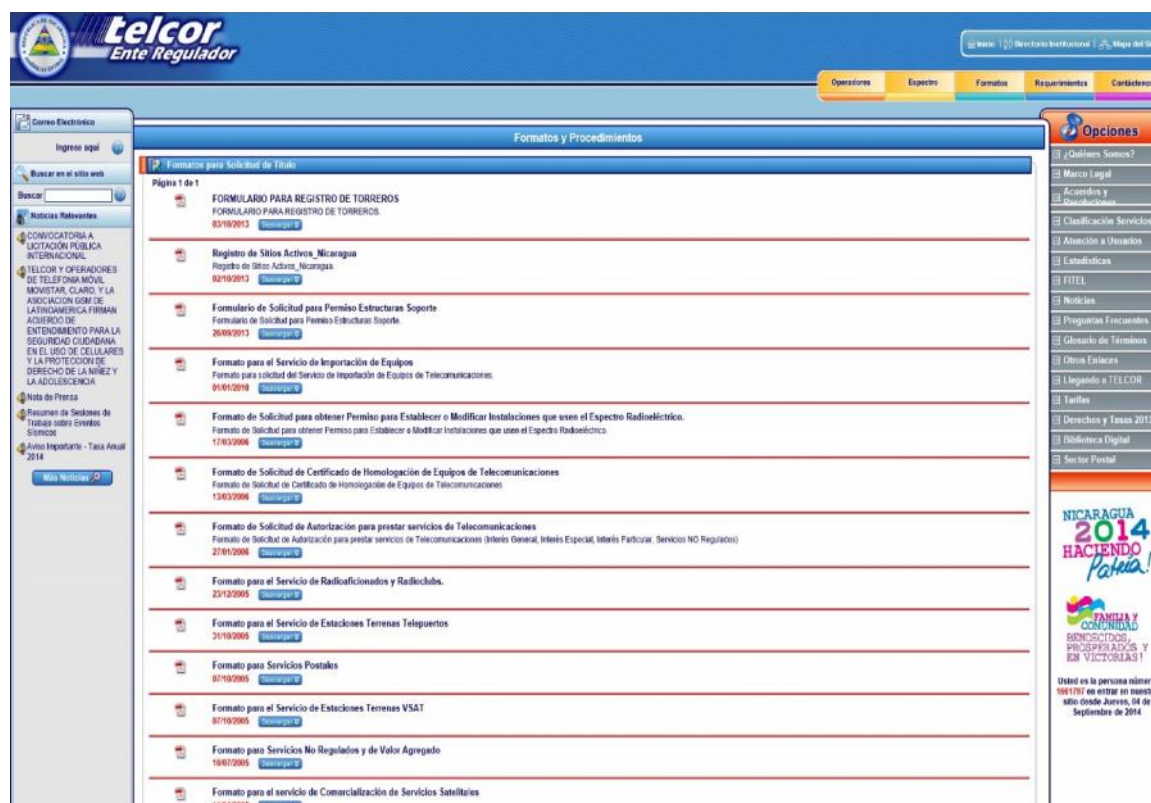


Figura 10. Formatos para Solicitud de Título. (TELCOR, 2014)

1.4.3 Servicios de telecomunicaciones en Nicaragua

La Ley General De Telecomunicaciones y Servicios Postales, Ley No.200, tiene por objeto la regulación de los servicios de telecomunicaciones y servicios postales, y establecer los derechos y deberes de los usuarios y de las operadoras, en condiciones de calidad, equidad, seguridad, y el desarrollo planificado y sostenido de las telecomunicaciones y servicios postales.

Como ya fue mencionado, las Telecomunicaciones y los Servicios Postales en Nicaragua han estado regidos por la aún vigente Ley No. 200 dictada durante el periodo presidencial de Violeta Barrios de Chamorro, dicha Ley fue aprobada el 21 de julio de 1995 y publicada en el diario oficial La Gaceta el 8 de Agosto del mismo año. Estableciendo un marco general institucional y jurídico para regular del sector de las telecomunicaciones, facultando al Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos (TELCOR), como ente Autónomo bajo la rectoría de la Presidencia de la República.

La Ley No.200, clasifica los diferentes servicios, en lo general, por la esencialidad, utilidad e importancia que estos tienen para todos los habitantes de la nación, para un conjunto o grupo de habitantes, o para satisfacer las necesidades propias de una persona Natural o Jurídica. Así los servicios de telecomunicaciones han sido clasificados por la Ley en (Ley No. 200, Arto.8 al 14):

1. Servicios Públicos
2. Servicios de Interés General
3. Servicios de Interés Especial
4. Servicios de Interés Particular
5. Servicios No Regulados

La siguiente gráfica presenta un resumen de los diferentes tipos de Servicios de Telecomunicaciones que se encuentran dentro de estas categorías así como el tipo de título habilitante otorgado por TELCOR a través de la DTAOU (Dirección de Titulación y Atención a Operadores y Usuarios). (TELCOR, 2014)



Figura 11. Clasificación de Servicios de Telecomunicaciones. (TELCOR, 2014)

1.5 Generaciones de telefonía móvil

La historia de la telefonía celular se remonta a los años 40s, cuando motivada por la segunda guerra mundial, la empresa Motorola desarrollo un teléfono móvil llamado Handie Talkie H12-16, este aparato usaba ondas de radio que para ese momento no superaban los 600 KHz.

Desde este momento, hasta principios de los años 80s diversas compañías investigaron y buscaron ofrecer un sistema de comunicación a distancia para el público general.

La historia de la telefonía celular está estrechamente ligada al desarrollo y evolución de la radio, los primeros teléfonos móviles eran demasiado grandes y pesados, por lo que su uso se restringió en principio a los autos. Generalmente el aparato se instalaba en la cabina y en el baúl se ponía un equipo de radio. El servicio no fue muy popular debido a su alto costo. (Red Gráfica Latinoamérica, 2014)

1.5.1 Primera Generación (1G)

Entre las características identificadoras de la primera generación de telefonía móvil están el que era exclusivamente para llamadas de voz, funcionaba por medio de comunicaciones analógicas y los dispositivos portátiles eran relativamente grandes. También introdujo los teléfonos celulares, basados en las redes celulares con múltiples estaciones de base relativamente cercanas unas de otras, y protocolos para el traspaso entre las celdas cuando el teléfono se movía de una celda a otra.

Tenía una calidad de enlaces muy reducida, la velocidad de conexión no era mayor a 2400 bauds. En cuanto a la transferencia entre celdas, era muy imprecisa ya que contaban con una baja capacidad basadas en FDMA (Frequency Division Multiple Access), lo que limitaba en forma notable la cantidad de usuarios que el servicio podía ofrecer en forma simultánea ya que los protocolos de asignación de canal estáticos padecen de ésta limitación.

Esta generación utilizaba principalmente los siguientes estándares:

- AMPS (Sistema telefónico móvil avanzado): Se presentó en 1976 en Estados Unidos y fue el primer estándar de redes celulares. Utilizada principalmente en el continente americano, Rusia y Asia, la primera generación de redes analógicas contaba con mecanismos de seguridad débiles que permitían hackear las líneas telefónicas.

- TACS (Sistema de comunicaciones de acceso total): Es la versión europea del modelo AMPS. Este sistema fue muy usado en Inglaterra y luego en Asia (Hong-Kong y Japón) y utilizaba la banda de frecuencia de 900 MHz.
- ETACS (Sistema de comunicaciones de acceso total extendido): Es una versión mejorada del estándar TACS desarrollado en el Reino Unido que utiliza una gran cantidad de canales de comunicación. (Kioskea.net, 2014)

1.5.2 Segunda Generación (2G)

La segunda generación se diferencia de la primera principalmente por el cambio de pasar de tecnología analógica a digital, ofreciendo una mejor calidad de voz, además aumentando el nivel de seguridad y simplificando la fabricación del Terminal (con la reducción de costos que ello conlleva). Con la aparición de una segunda generación totalmente digital, la primera generación de redes celulares se volvió obsoleta.

En esta época nacen varios estándares de comunicaciones móviles: D-AMPS (EE. UU.), Personal Digital Cellular (Japón), cdmaOne (EE. UU. y Asia) y GSM.

Muchas operadoras telefónicas móviles implementaron TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo) y CDMA (Acceso múltiple por división de código) sobre las redes AMPS existentes convirtiéndolas así en redes D-AMPS, lo que le permitía a estas empresas lograr una migración de señal analógica a señal digital sin tener que cambiar elementos como antenas, torres, cableado, etc. Inclusive, esta información digital se transmitía sobre los mismos canales (y por ende, frecuencias de radio) ya existentes y en uso por la red analógica. La gran diferencia es que con la tecnología digital se hizo posible hacer multiplexión, tal que en un canal antes destinado a transmitir una sola conversación a la vez se

hizo posible transmitir varias conversaciones de manera simultánea, incrementando así la capacidad operativa y el número de usuarios que podían hacer uso de la red en una misma celda en un momento dado.

GSM (Global System for Mobile Communications o Sistema Global para las Comunicaciones Móviles) es el estándar más usado en Europa a fines de siglo XX y también admitido en Estados Unidos. Este estándar utiliza las bandas de frecuencia de 900 MHz y de 1800 MHz en Europa. Sin embargo, en Estados Unidos la banda de frecuencia utilizada es la de 1900 MHz. Por lo tanto, los teléfonos móviles que pueden funcionar tanto en Europa como en Estados Unidos se denominan teléfonos de tribanda.

Gracias a la 2G, además de transmitir voz se hizo posible transmitir datos digitales de volúmenes bajos, por ejemplo, mensajes de texto (SMS siglas en inglés de Servicio de mensajes cortos). El estándar GSM permite una velocidad de datos máxima de 9,6 Kbps. (Kioskea.net, 2014)

1.5.3 Tercera Generación (3G)

IMT-2000 es el estándar global para la tercera generación de redes de comunicaciones inalámbricas, que proporciona un marco para el acceso inalámbrico mundial uniendo los diversos sistemas de redes terrestres y satelitales.

Las especificaciones IMT-2000 (Telecomunicaciones Móviles Internacionales para el año 2000) de la Unión internacional de telecomunicaciones (ITU) definieron las características de la 3G. Las características más importantes son:

- Alta velocidad de transmisión de datos.
 - 144 Kbps con cobertura total para uso móvil.
 - 384 Kbps con cobertura media para uso de peatones.

- 2 Mbps con áreas de cobertura reducida para uso fijo.
- Compatibilidad mundial.
- Compatibilidad de los servicios móviles de 3G con las redes de segunda generación.

El hecho de que 3G ofrezca velocidades de datos de más de 144 Kbps brinda la posibilidad de ofrecer servicios como la descarga de archivos, transmisión de videos, video conferencias, televisión y acceso a Internet de alta velocidad. Las redes de 3G utilizan bandas con diferentes frecuencias a las redes anteriores: 1885 a 2025 MHz y 2110 a 2200 MHz.

El estándar 3G más importante que se usa en Europa se llama UMTS (Sistema universal de telecomunicaciones móviles) y emplea codificación W-CDMA (Acceso múltiple por división de código de banda ancha). La tecnología UMTS usa un ancho de banda de 5 MHz para transferir voz y datos con velocidades de datos que van desde los 384 Kbps a los 2 Mbps. (Kioskea.net, 2014)

1.5.4 Cuarta Generación (4G)

La importancia de generar nuevos avances tecnológicos por tratar de mejorar los servicios ofertados a los clientes, hoy más exigentes, permiten crear nuevos estándares que superan los anteriores servicios con grandes ventajas.

La tecnología 4G se soporta en el estándar 3GPP (tercera generación) que basa su sistema en IP, es decir es un sistema de sistemas y una red de redes, que se alcanza con la convergencia entre redes de cable o redes inalámbricas, ordenadores, dispositivos eléctricos-electrónicos, TIC entre otras para proveer altas velocidades de acceso, con calidad de servicio (QoS) de punta a punta de alta seguridad con la finalidad de masificar el número de servicios adicionales en cualquier lugar y en cualquier momento. (Inga Ortega, 2014)

CAPÍTULO 2 - EVOLUCIÓN DE LAS COMUNICACIONES HACIA LA BANDA ANCHA MÓVIL Y SU PENETRACIÓN EN AMÉRICA LATINA

En este capítulo se realiza un breve recorrido por el camino migratorio de las tecnologías y su evolución a la banda ancha móvil, hasta llegar a las de cuarta generación. Luego se expone lo que en la actualidad se conoce sobre la presencia de LTE en las redes de comunicación en América Latina, realizando un acercamiento a nuestro entorno a través de la actualidad de los países Centroamericanos.

2.1 Migración tecnológica

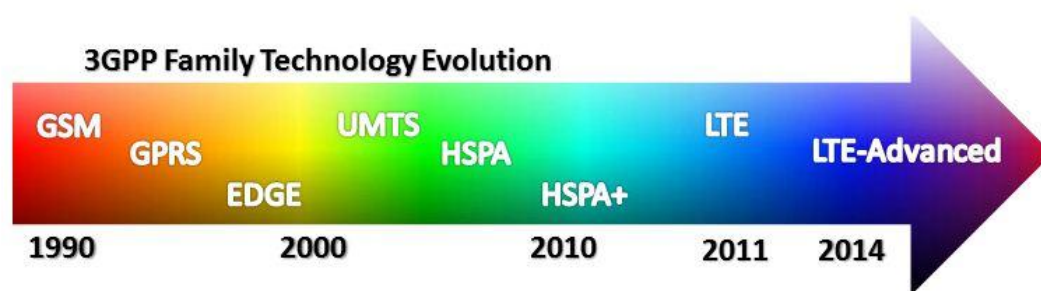


Figura 12. Evolución Tecnológica de la Familia 3GPP. (4G Americas, 2014)

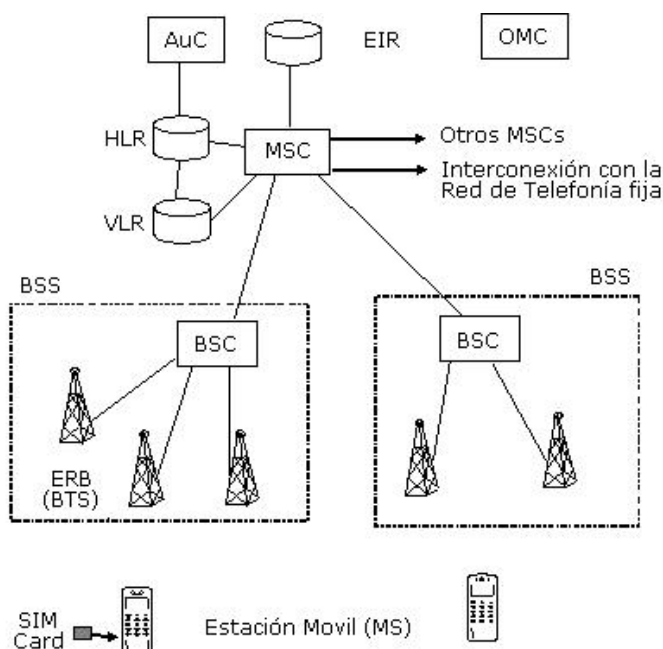


Figura 13. Arquitectura GSM. (Teleco Español, 2014)

Mobile Station (MS): Mobile Station o Estación Móvil es el terminal utilizado por el suscriptor con una tarjeta inteligente conocida como SIM Card o Módulo de Identidad del Suscriptor (Subscriber Identity Module). Sin el SIM Card, la Estación Móvil no está asociada a un usuario y no puede hacer ni recibir llamadas.

Una vez contratado el servicio junto a una operadora, el usuario pasa a disponer de un SIM card que al ser insertado en cualquier terminal GSM hace con que éste pase a asumir la identidad del propietario del SIM Card.

El SIM card almacena entre otras informaciones un número de 15 dígitos que identifica únicamente una dada Estación Móvil denominado IMSI o Identidad Internacional del Suscriptor Móvil (International Mobile Subscriber Identity). Es un código de identificación único para cada dispositivo de telefonía móvil,

integrado en la tarjeta SIM, que permite su identificación a través de las redes GSM y UMTS.

Ya el terminal es caracterizado por un número, también con 15 dígitos, atribuido por el fabricante, denominado IMEI o Identidad Internacional del Equipamiento Móvil (International Mobile Station Equipment Identity). Es un código USSD (*Servicio Suplementario de Datos no Estructurados*, servicio para el envío de datos a través del móvil) pre-grabado en los teléfonos móviles GSM. Este código identifica al aparato unívocamente a nivel mundial, y es transmitido por el aparato a la red al conectarse a ésta.

Base Station System (BSS): Es el sistema encargado de la comunicación con las estaciones móviles en una determinada área. Es formado por varias Base Transceiver Station (BTS) o Estación Base de Telefonía Móvil, que constituyen una celda o célula, y un Base Station Controller (BSC), que controla estas BTSs.

Mobile-Services Switching Centre (MSC): Mobile-Service Switching Center o Central de Conmutación y Control (CCC) es la central responsable por las funciones de conmutación y señalización para las estaciones móviles localizadas en un área geográfica designada como el área del MSC.

La diferencia principal entre un MSC y una central de conmutación fija es que la MSC tiene que llevar en consideración la movilidad de los suscriptores (locales o visitantes), incluso el handover de la comunicación cuando estos suscriptores se mueven de una célula o celda para otra. El MSC encargado de enrutar llamadas para otros MSCs es llamado de Gateway MSC.



Home Location Register (HLR): Home Location Register o Registro de Suscriptores Locales es la base de datos que contienen informaciones sobre los suscriptores de un sistema móvil celular.

Visitor Location Register (VLR): Visitor Location Register o Registro de Suscriptores Visitantes es la base de datos que contiene la información sobre los suscriptores en visita (roaming) a un sistema celular.

Authentication Center (AUC): Authentication Center o Centro de Autenticación es responsable por la autenticación de los suscriptores en el uso del sistema. El Centro de Autenticación está asociado a un HLR y almacena una llave de identidad para cada suscriptor móvil registrado en aquel HLR posibilitando la autenticación del IMSI del suscriptor. Es también responsable por generar la llave para criptografiar la comunicación entre MSC y BTS.

Equipment Identity Register (EIR): Equipment Identity Register o Registro de Identidad del Equipamiento es la base de datos que almacena los IMEIs de los terminales móviles de un sistema GSM. Es una base de datos en la que existe información sobre el estado de los teléfonos móviles. Dentro de esta base de datos existen tres listas de IMEI:

- La **lista blanca** identifica a los equipos que están autorizados de recibir y realizar llamadas. Esta lista debe siempre existir en el EIR, aun cuando sea la única; las otras dos son opcionales.
- La **lista gris** identifica a los equipos que pueden hacer y recibir llamadas, pero que pueden ser monitoreados para descubrir la identidad del usuario utilizando la información almacenada en el chip o tarjeta SIM.
- La **lista negra** identifica los equipos a los que se les impide conectarse a la red. Por lo tanto, no pueden realizar ni recibir llamadas.

Operational and Maintenance Center (OMC): Operational and Maintenance Center o Centro de Operaciones y Manutención es la entidad funcional a través de la cual la operadora monitorea y controla el sistema. (Teleco Español, 2014)

2.1.1 GPRS

GSM cumplió con todos sus objetivos pero al cabo de un tiempo empezó a acercarse a la obsolescencia porque sólo ofrecía un servicio de voz o datos a baja velocidad (9.6 Kbps) y el mercado empezaba a requerir servicios multimedia que hacían necesario un aumento de la capacidad de transferencia de datos del sistema. Es en este momento cuando se empieza a gestar la idea de 3G, pero como la tecnología CDMA no estaba lo suficientemente madura en aquel momento se optó por dar un paso intermedio: 2.5G. Entonces se hicieron ampliaciones al estándar GSM, una de esas extensiones es el servicio GPRS (General Packet Radio Service o Servicio General de Paquetes de Radio).

GPRS es una tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de 'paquetes'. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para transmitir datos, hasta ahora los datos se habían transmitido mediante conmutación de circuitos, procedimiento más adecuado para la transmisión de voz.

En GSM, al realizar una llamada se asigna un canal de comunicación al usuario, que permanecerá asignado aunque no se envíen datos. En GPRS los canales de comunicación se comparten entre los distintos usuarios dinámicamente, de modo que un usuario sólo tiene asignado un canal cuando se está realmente transmitiendo datos. Para utilizar GPRS se precisa un teléfono que soporte esta tecnología, para de esta forma realizar sus llamadas de voz utilizando la red GSM de modo habitual y sus llamadas de datos (conexión a internet, WAP,...) con GPRS.

La tecnología GPRS, o generación 2.5, representa un paso más hacia los sistemas inalámbricos de Tercera Generación o UMTS. Su principal beneficio radica en la posibilidad de disponer de un terminal permanentemente conectado, tarificando únicamente por el volumen de datos transferidos (enviados y recibidos) y no por el tiempo de conexión como hemos podido observar en un punto anterior.

Tradicionalmente la transmisión de datos inalámbrica se había venido realizando utilizando un canal dedicado GSM a una velocidad máxima de 9.6 Kbps. Con el GPRS no sólo la velocidad de transmisión de datos se ve aumentada hasta un mínimo 40 Kbps y un máximo de 115 Kbps por comunicación, sino que además la tecnología utilizada permite compartir cada canal por varios usuarios, mejorando así la eficiencia en la utilización de los recursos de red.

2.1.1.1 Arquitectura de GPRS

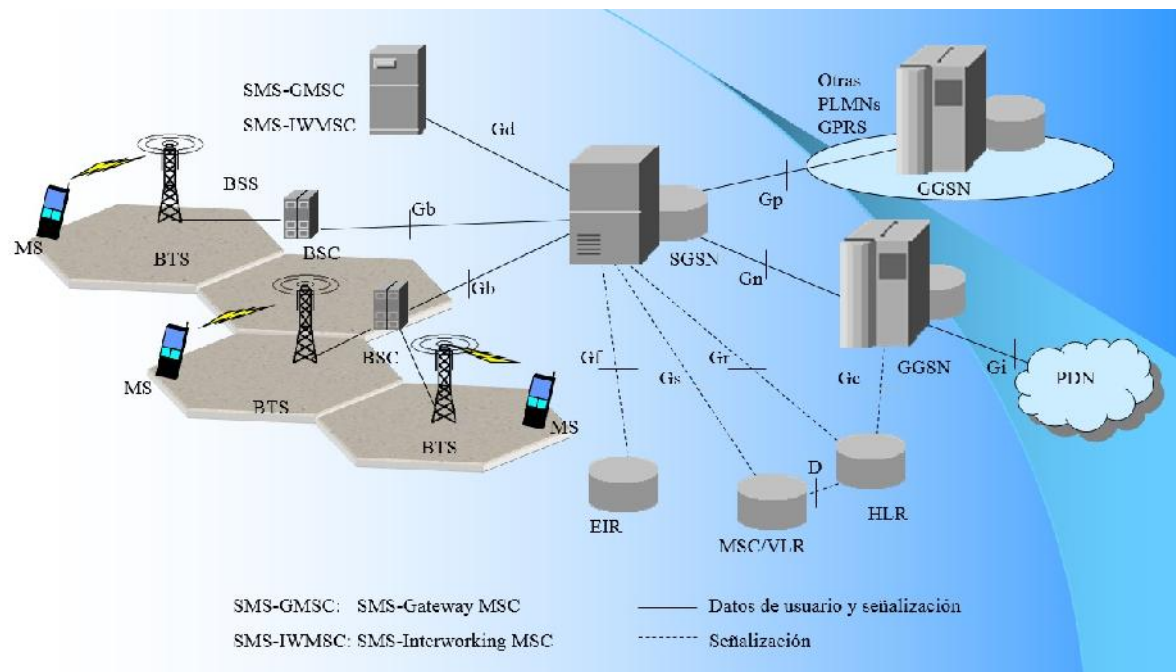


Figura 14. Arquitectura GPRS. (Hierrezuelo Crespillo, 2004)

La arquitectura de red de GPRS está basada fundamentalmente en GSM. Los principales elementos que se introducen son:

- Dos nodos de soporte GPRS: el nodo de conmutación (SGSN) y el de pasarela (GGSN) cuyas misiones son complementarias. En líneas generales el SGSN se encargará de la gestión de la movilidad y del mantenimiento del enlace lógico entre móvil y red. El GGSN es el que proporciona el acceso a las redes de datos basadas en IP.
- Actualización de software a nivel de BTS (Base Transceiver Station).
- Nuevo hardware en el controlador de estación (BSC). Este hardware se denomina PCU (Packet Unit Control) y es la encargada de manejar la comunicación de paquetes.

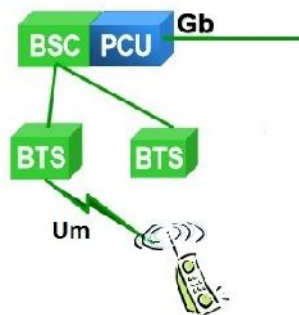


Figura 15. Arquitectura GPRS. (Recio Peláez, 2014)

- La red troncal GPRS o backbone basado en IP.

La misma arquitectura del BSC para servicio de conmutación de circuitos es utilizada para brindar servicios GPRS. Los servicios basados en conmutación de paquetes son enrutados a través de las interfaces Gb y Gn hacia el SGSN y el GGSN antes de interconectarse a la Red de Paquetes de Datos (PDN) con

terminaciones X.25 e IP. El HLR mantendrá la información de usuarios específicos así como mapeos IMSI hacia una o varias direcciones de otras red de paquetes de datos (una por cada tipo de red objetivo).

En el BSC, el PCU controla la actividad GPRS de una celda. O sea, es responsable de las funciones de capa inferior tales como Control de Enlace de Radio (Radio Link Control) y Control de Acceso al Medio (Medium Access Control) en la interfaz Um: Segmentación de Unidad de Protocolo de Datos / Reensamblaje, Control de canal de acceso, Gestión del canal de radio, Programación del Canal de Paquetes de Datos (PDCH), Detección de errores de transmisión, Re transmisión automática selectiva o Petición automática de repetición (ARQ), etc.

La base de datos de GSM que mantiene el perfil de usuario, el HLR, ha sido ampliada con la información de los suscriptores de GPRS (GPRS-HLR). Se deben de actualizar también los centros de mensajes cortos, el SMS-GMSC y el SMS-IWMSC, para soportar la transmisión de mensajes cortos (SMS) vía el nodo de servicio SGSN.

Interfaces en la red GPRS

Gb: Interfaz entre la BSC y el SGSN, el protocolo de transmisión podría ser Frame Relay o IP.

Gc: Interfaz entre el GGSN y HLR de manera que el GGSN puede obtener los detalles de la ubicación de una estación móvil. Para evitar implementar MAP/SS7 en el GGSN, esta interfaz es opcional. Cuando no está presente, las rutas GGSN informan al HLR a través de un SGSN.

Gd: Interfaz entre el SGSN y el SMS Gateway. Puede usar MAP1, MAP2 o MAP3.

Gf: La interfaz entre el SGSN y el Registro de Identidad del Equipo (EIR), usado para utilizado para el control de número de identidad de equipo del móvil (IMEI) con una lista de los teléfonos móviles robados reportados.

Gi: interfaz basada en IP entre el GGSN y una Red Pública de Datos (PDN) ya sea directamente a internet o a través de un gateway WAP.

Gp: interfaz basada en IP entre SGSN interna y las GGSNs externas. Entre la SGSN y la GGSN externa, está el border gateway (el cual es esencialmente un firewall). También usa el protocolo GTP.

Gr: Interfaz entre el SGSN y el HLR. Los mensajes que viajan a través de esta interfaz usan el protocolo MAP3.

Gs: Interfaz entre el SGSN y el MSC (VLR). Usa el protocolo BSSAP+. Esta interfaz permite la paginación y la disponibilidad de estación cuando se realiza la transferencia de datos. Cuando la estación está conectada a la red GPRS, el SGSN realiza un seguimiento de a qué área de enrutamiento (RA) la estación se adjunta. Una RA es una parte de un área de localización más grande (LA). Cuando una estación está paginada esta información es usada para conservar los recursos de red. Cuando una estación es paginada esta información se utiliza para conservar los recursos de la red. Cuando la estación realiza un contexto PDP, el SGSN tiene la exacta BTS que está utilizando. (Wikipedia, 2014)

Protocolos de GPRS

El servicio portador GPRS se basa en el concepto de contexto PDP (*Policy Decision Point*). El contexto PDP es esencialmente una conexión lógica entre la MS y el GGSN. Gracias al contexto PDP la MS se puede comunicar con redes externas.

Cada contexto PDP está asociado con una dirección IP, una calidad de servicio y una dirección del GGSN. (Hierrezuelo Crespillo, 2004)

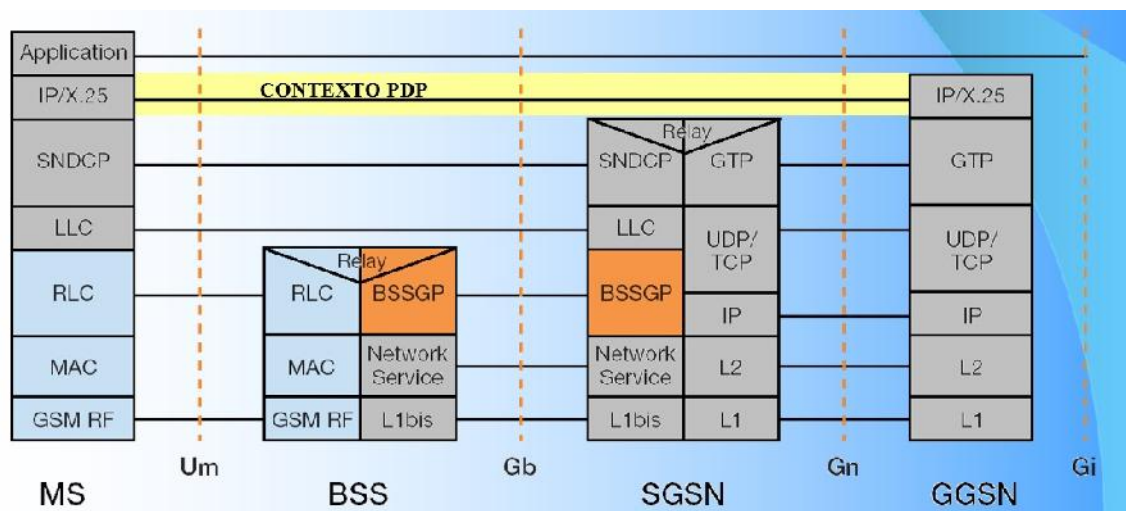


Figura 16. Protocolos GPRS. (Hierrezuelo Crespillo, 2004)

2.1.2 EDGE

El estándar EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution o Tasas de Datos Mejoradas para la evolución de GSM) anunciado como 2.75 G, cuadruplica las mejoras en el rendimiento de GPRS con la tasa de datos teóricos anunciados de 384 Kbps, por lo tanto, admite aplicaciones de multimedia. Esta optimización se produce gracias a una nueva modulación en el envío y recepción de la información. En realidad, el estándar EDGE permite velocidades de datos teóricas de 473 Kbps pero ha sido limitado para cumplir con las especificaciones IMT-2000 definidas por un sistema de estándares de la ITU.

Gracias a las ampliaciones en el estándar (GPRS y EDGE) se logró una mayor velocidad de transferencia de datos y se hicieron realidad nuevos servicios como:

- EMS es el servicio de mensajería mejorado, permite la inclusión de melodías e iconos dentro del mensaje basándose en los SMS; un EMS equivale a 3 o 4 SMS.
- MMS (Sistema de Mensajería Multimedia) Este tipo de mensajes se envían mediante GPRS y permite la inserción de imágenes, sonidos, videos y texto. Un MMS se envía en forma de diapositiva, la cual cada plantilla solo puede contener un archivo de cada tipo aceptado, es decir, solo puede contener una imagen, un sonido y un texto en cada plantilla, si se desea agregar más de estos tendría que agregarse otra plantilla. Cabe mencionar que no es posible enviar un vídeo de más de 15 segundos de duración.

2.1.2.1 Arquitectura de EDGE

EDGE tiene una arquitectura general similar a la siguiente:

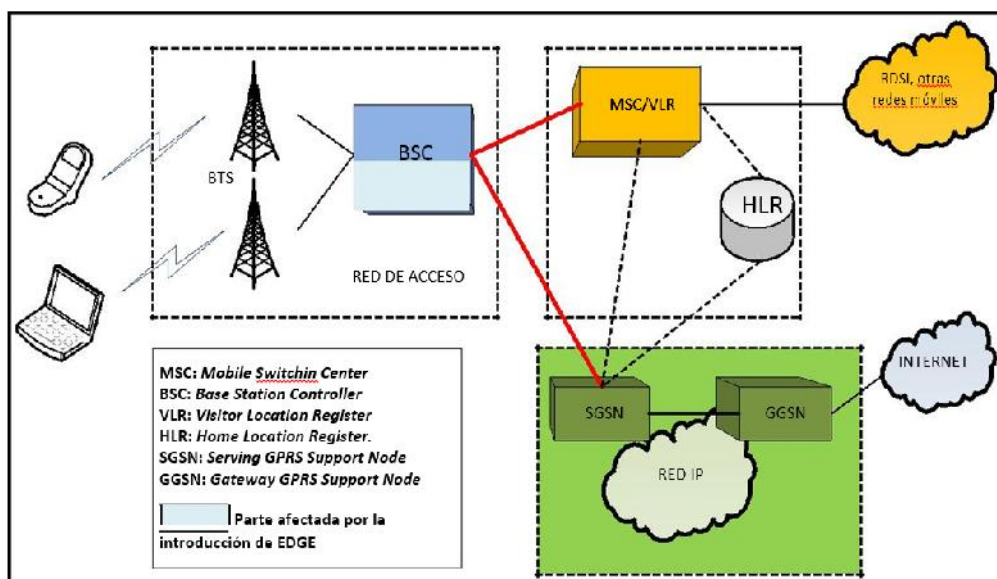


Figura 17. Arquitectura EDGE. (Ericsson White Paper, 2009)

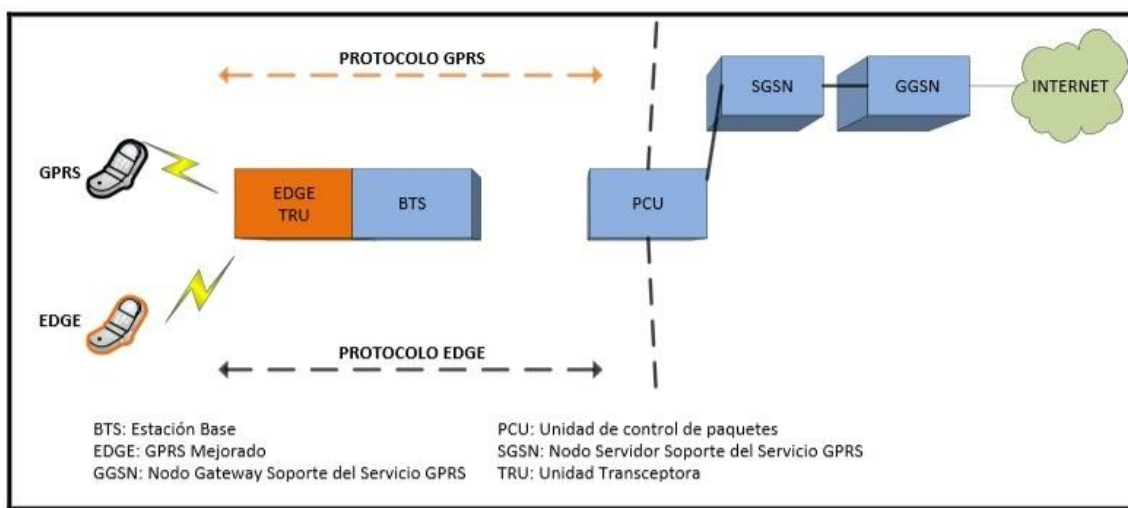


Figura 18. Diferencias entre GPRS y EDGE. (Chimbo Rodríguez, 2014)

El cambio de GPRS a EDGE simplemente consiste en una actualización de software en la radio base en su Controlador de la Radio Base (BSC) y la adición de un elemento que se llama EDGE TRU (Unidad de Transceptor) en el Transceptor de la Radio Base (BTS).

GPRS y EDGE tienen diferentes protocolos y un comportamiento diferente en el lado de la radio base. Mientras que por el enfoque de la red central, GPRS y EDGE comparten los mismos protocolos de manejo de paquetes, y por lo tanto, se comportan de la misma manera.

Con la utilización de EDGE, la misma ranura de tiempo puede soportar un número mayor de usuarios. Esto decrementa el número de recursos de radio que se requieren para soportar el mismo tráfico, lo cual libera capacidad del sistema para soportar más tráfico de aplicaciones de voz de datos.

Al igual que GPRS, EDGE puede ser visto como un elemento que incrementa la capacidad del sistema cuando es necesario.

2.1.2.2 Esquemas de codificación

Se definieron para GPRS cuatro esquemas de codificación diferentes, designados CS1 hasta CS4. Cada uno de ellos tiene diferentes medidas de codificación de corrección de errores, éstos además han sido optimizados para distintos ambientes de radio.

En la siguiente figura además de las codificaciones para GPRS se incluyen las modulaciones para EDGE, para el que se introdujeron nueve esquemas de codificación de modulación, designados como MCS1 hasta MCS9. Estos esquemas cumplen las mismas funciones que los esquemas de codificación GPRS.

Los cuatro esquemas de codificación de EDGE más bajos (MCS1 a MCS4) usan GMSK, mientras que los cinco esquemas superiores (MCS5 a MCS9) usan modulación 8PSK.

La utilización de 8PSK se debe a que la velocidad aumenta de una forma considerable.

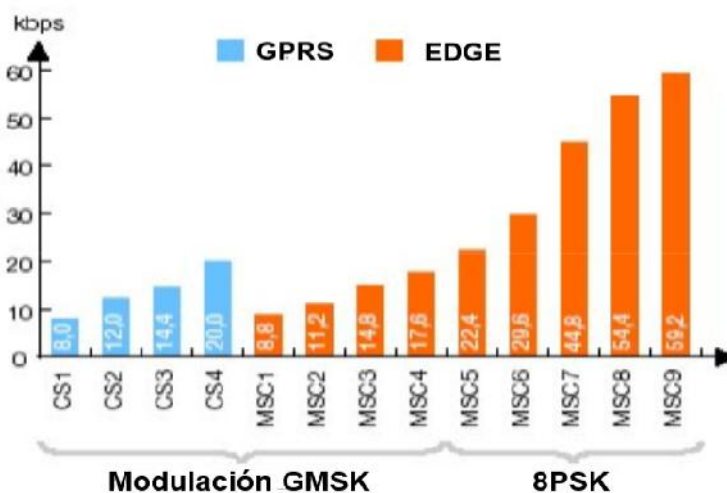


Figura 19. Codificación para GPRS y EDGE. (Descripción de GPRS y EDGE, 2014)

2.1.2.3 EDGE Evolution (EDGE II or Evolved EDGE)

Es la versión mejorada del estándar de comunicaciones móviles EDGE, que fue ratificado por el 3GPP en el *Release 7*. Aplica muchas de las técnicas empleadas en HSPA+ para reducir la latencia (por debajo de los 80ms), ya que se reduce a la mitad el intervalo de tiempo de transmisión (de 20ms a 10ms). El *bitrateo* (tasa de bits) es incrementado a 1 MBit/s y la latencia baja a 100 ms usando operadores duales, una modulación de órdenes más altos (36-16QAM) en lugar de la modulación 8PSK), y turbo codes para mejorar la corrección de errores. Además, finalmente la calidad de la recepción es mejorada usando antenas duales. Lo que caracteriza a EDGE Evolución es:

- Reducción en la latencia, mejorando la experiencia del usuario en los servicios interactivos, servicios de conversación como la telefonía multimedia.
- Incremento en la tasa de bits para mejorar los servicios más requeridos como la navegación en páginas web o descarga de música.
- Mejora en la eficiencia del espectro, lo que beneficia principalmente a los operadores en las zonas urbanas, que son áreas donde generalmente el espectro de frecuencia se usa en su máxima extensión-tráfico, volumen que puede incrementarse sin comprometer el normal rendimiento del servicio.
- Una simple actualización de equipo existente de GSM que permite un uso más eficiente del espectro de radio existente.
- Compatibilidad con los planes de frecuencias existentes, facilitando un rápido despliegue de las redes existentes y una mejor experiencia para

los usuarios en su recorrido hacia otras redes como HSPA. (Chimbo Rodríguez, 2014)

2.1.3 Evolución de las comunicaciones móviles hacia la banda ancha

Después de un proceso donde se han desplegado infraestructuras, es tiempo de ofrecer lo que los usuarios demandan: más velocidad y calidad en el acceso a los servicios de telecomunicaciones, además de más servicios de valor añadido que precisamente necesitan y necesitarán un mayor ancho de banda para su correcto funcionamiento.

La búsqueda de satisfacción de las necesidades de los consumidores, basadas en la necesidad de altas capacidades de acceso a Internet desde sus terminales móviles (fenómeno conocido como banda ancha móvil), es una de las principales razones que motiva a la evolución de estas redes.

La Banda Ancha Móvil ya es una realidad en algunas partes del planeta. Si la tecnología 3G/WCDMA/UMTS rompió las barreras al acercar el Internet “real” a los terminales móviles, con la llegada de HSPA (en sus dos versiones HSDPA y HSUPA) los terminales pueden navegar por la red con una velocidad similar e incluso superior (HSUPA, gracias a su excelente velocidad de subida de información) a las ADSL convencionales.

Es cierto, pero que no todos los países ni operadores han adoptado esa tecnología. De hecho en algunas zonas (como en América Latina), las operadoras están haciendo grandes esfuerzos para implantar las tecnologías de tercera generación, en sus diversas versiones. En muchas ocasiones las elevadas inversiones que deben realizar para readaptar las actuales redes a las necesidades de la tercera generación son el motivo de ese retraso.’

Además, la adopción de una u otra tecnología vendrá determinada por la red que el operador tuviera desplegada anteriormente. Así, mientras que las redes GSM evolucionan hacia el UMTS/HSPA, las redes CDMA adoptan la Evolución de datos Optimizada (Ev-Do, *Evolution Data-Optimized*). (Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

2.1.3.1 Crecimiento mundial de suscriptores de banda ancha

Un informe realizado por Mobility Report de la multinacional Ericsson dejó en claro un dato difícil de creer hace un par de años: El número de líneas de móvil superará a la población mundial en 2015, con unas previsiones para finales de 2019 de 7.600 millones de suscripciones de banda ancha y una explosión del tráfico de datos debido especialmente al consumo de videos y televisión desde teléfonos y tabletas.

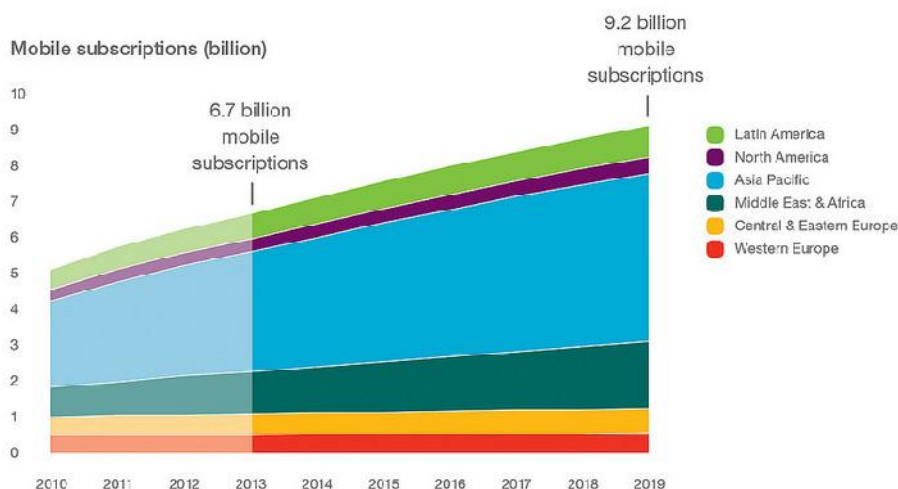


Figura 20. Estimación crecimiento mundial suscriptores de banda ancha.
(Infografía, El Sitio Geek, 2014)

Sólo en el primer trimestre de este año (2014) se han registrado 120 millones de nuevas suscripciones de móvil; además el 65% de todos los teléfonos vendidos entre Abril y Junio han sido Smartphone. En 2016, esos teléfonos de última

generación superarán a los móviles básicos. En 2019, el número de suscripciones de Smartphone será de 5.600 millones; sólo en Europa, la cifra será de 765 millones.

El informe de Mobility Report revela que las líneas móviles aumentan a un ritmo del 7% cada año, y las suscripciones de banda ancha móvil supondrán más del 80% del total a escala mundial. Para esa fecha, en Europa la cobertura LTE/4G rondará el 80% y el número de suscripciones con esa tecnología será del 30%, frente al 85% en EEUU, y el tráfico móvil en Europa superará en 2019 alrededor de ocho veces el de 2013.

El aumento del uso de datos móviles se deberá especialmente al consumo de videos en dispositivos móviles tanto desde casa como en movilidad, que supondrá el 50% del total; las conexiones máquina-máquina se multiplicarán por 4 en 2019. El informe destaca que Europa es la región con mayor nivel de penetración móvil en el mundo: la mayoría de países alcanzó ese hito hace ya dos o tres años.

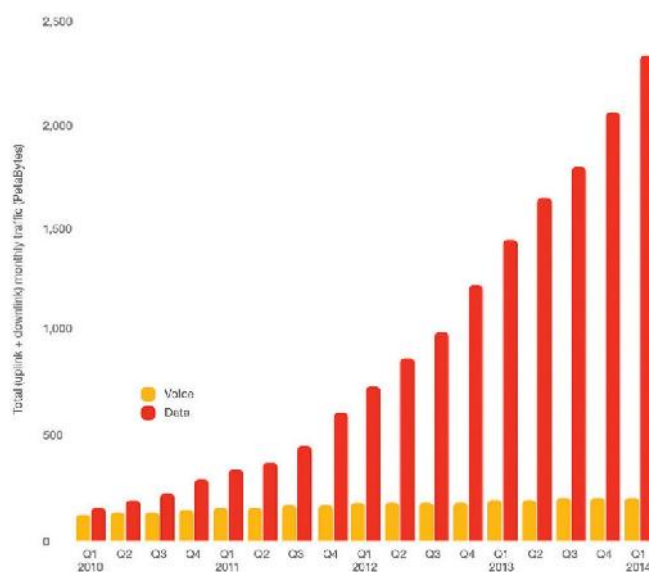


Figura 21. Uso de Datos versus Uso de Voz. (Infografía, El Sitio Geek, 2014)

El uso del dispositivo móvil para ver video está jugando un papel bastante significativo en Europa. El 62% de los alemanes usa tableta electrónica, ordenador portátil o Smartphone para ver televisión o video.

El hábito es común en Europa occidental y especialmente en Suecia; en Francia, uno de cada cuatro entrevistados ve video en un teléfono inteligente más de tres horas semanales. En Italia y España, los consumidores de video con Smartphone lo hacen más de cuatro horas semanales. (Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

2.1.4 UMTS/WCDMA

3GPP empezó a denominar a los sistemas móviles de tercera generación como Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles o conocido también por sus siglas en inglés UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). Es una propuesta europea para promover la utilización de UTRA (UMTS Terrestrial Radio Access) en el IMT-2000. También se lo denomina W-CDMA (Wideband Code Division Multiple Access), por ser ésta la tecnología radio que utiliza. (Chimbo Rodríguez, 2014)

UMTS es el estándar que se emplea en la tercera generación de telefonía móvil, que permite disponer de banda ancha en telefonía móvil y transmitir un volumen de datos importante por la red.

2.1.4.1 Principales Características de UMTS

UMTS permite introducir muchos más usuarios a la red global del sistema, y además permite incrementar la velocidad a 2 Mbps por usuario móvil. Desarrollado por 3GPP, un proyecto común en el que colaboran: ETSI (Europa), ARIB/TTC (Japon), ANSI T-1 (USA), TTA (Korea), CWTS (China). Para alcanzar la aceptación global, 3GPP va introduciendo UMTS por fases y versiones anuales. La primera fue en 1999, describía transiciones desde redes GSM.

Es una tecnología apropiada para una gran variedad de usuarios y tipos de servicios, y no solamente para usuarios muy avanzados, UMTS ofrece:

- **Facilidad de uso y bajos costos:** UMTS proporciona servicios de uso fácil y adaptable para abordar las necesidades y preferencias de los usuarios, amplia gama de terminales para realizar fácil acceso a los distintos servicios, bajo coste de los servicios para asegurar un mercado masivo.
- **Nuevos y mejorados servicios:** Los servicios vocales mantendrían una posición dominante durante varios años. Los usuarios exigirían a UMTS servicios de voz de alta calidad junto con servicios de datos e información.
- **Acceso rápido:** La principal ventaja de UMTS sobre la segunda generación móvil (2G), es la capacidad de soportar altas velocidades de transmisión de datos de hasta 144 kbit/s sobre vehículos a gran velocidad, 384 kbit/s en espacios abiertos de extrarradios y 2 Mbit/s con baja movilidad (interior de edificios). Esta capacidad sumada al soporte inherente del Protocolo de Internet (IP), se combinan poderosamente para prestar servicios multimedia interactivos y nuevas aplicaciones de banda ancha, tales como servicios de video telefonía y video conferencia.
- **Transmisión de paquetes de datos y velocidad de transferencia de datos a pedido:** UMTS ofrece la transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad debido a la conectividad virtual a la red en todo momento y a las formas de facturación alternativas (por ejemplo, pago por byte, por sesión, tarifa plana, ancho de banda asimétrico de enlace ascendente / descendente) según lo requieran los variados servicios de transmisión de datos.

- **Entorno de servicios amigable y consistente:** Los servicios UMTS se basan en capacidades comunes en todos los entornos de usuarios y radioeléctricos de UMTS. Al hacer uso de la capacidad de roaming desde su red hacia la de otros operadores UMTS, un abonado particular experimenta así un conjunto consistente de sensaciones como si estuviera en su propia red local (Entorno de Hogar Virtual o VHE). VHE asegura la entrega de todo el entorno del proveedor de servicios, incluyendo por ejemplo, el entorno de trabajo virtual de un usuario corporativo, independientemente de la ubicación o modo de acceso del usuario (por satélite o terrestre). Asimismo, VHE permite a las terminales gestionar funcionalidades con la red visitada, posiblemente mediante la descarga de software, y provee servicios del tipo como en casa con absoluta seguridad y transparencia a través de una mezcla de accesos y redes principales.

El VHE es un concepto de sistema que permite la portabilidad de servicios en el UMTS a través de las diferentes fronteras entre redes. Según este concepto, la red visitada emula para cada usuario particular las condiciones de su entorno de origen. El concepto de VHE está propuesto como la base técnica para simplificar el manejo de los servicios por parte del usuario. Si se utilizan los terminales multimodo adecuados, los usuarios podrán conectarse a redes de segunda y de tercera generación de forma directa.

2.1.4.2 Arquitectura de UMTS

El equipo UMTS debe ser compatible con el de GSM ya que el cambio de una tecnología a otra ha de ser paulatino.

La arquitectura de UMTS en su más alto nivel está compuesta por tres elementos: el núcleo de la red (CN), la red de acceso (UTRAN) y el equipo de usuario (UE, User Equipment). La interfaz Uu entre el UE y UTRAN, así como la interfaz Iu entre UTRAN y el CN son interfaces de estándar abierto, lo que permite conectar dispositivos de distintos fabricantes a nivel de estos tres elementos mencionados.

El UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y el Core Network (Red principal) son consideradas la espina dorsal de la tecnología UMTS. Estos dos elementos están formados por todos los protocolos y modos físicos. En la siguiente figura se presenta una descripción más detallada de la arquitectura para UMTS. (Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

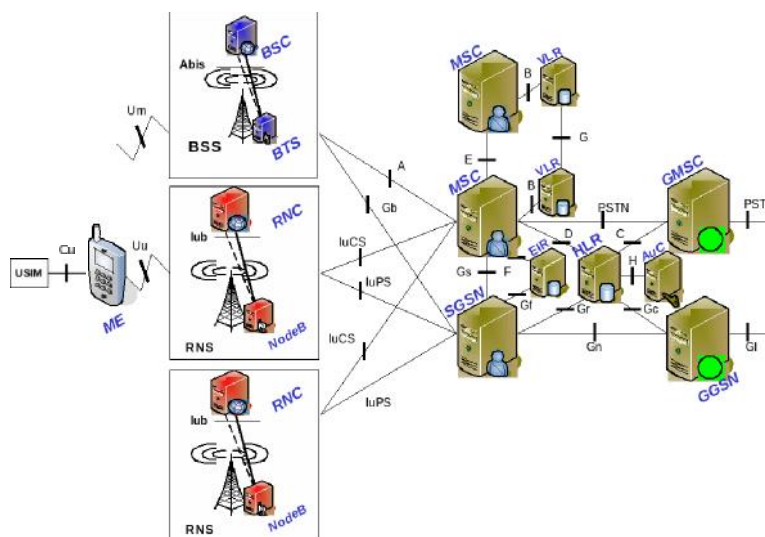


Figura 22. Arquitectura UMTS R'99. (Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

Núcleo de la red

Está compuesto por los siguientes elementos

- Centro de conmutación de servicios móviles (MSC): es la pieza central del núcleo de conmutación de circuitos. El MSC de la red GSM se puede usar pero siempre y cuando permita actualizaciones para que cumpla con los requisitos de 3G. Tiene interfaz con las redes de acceso de GSM y UMTS, así como también con la red pública de conmutación telefónica (PSTN, *Public Switched Telephone Network*), otros MSC, el SGSN y varios registros del núcleo de la red (HLR, EIR), entre otros.
- Registro de ubicación de visitante (VLR, *Visitor Location Register*): contiene la información del *roaming* de las estaciones móviles en el área del MSC con el que tiene interfaz, aunque también es posible que maneje registros de otros MSC.
- Registro de ubicación propio (HLR, *Home Location Register*): El registro de los datos de los suscriptores es permanente. Mientras que en el VLR los registros son temporales.
- Registro de identificación de equipos (EIR, *Equipment Identify Register*): guarda las identidades de equipo de estación móvil internacional (IMEI, *International, Mobile Equipment Identities*). Normalmente contiene tres listas: IMEI de equipos que funcionan normalmente, de equipos robados y de equipos que presentan problemas.
- Centro de Autenticación (AuC, *Authentication Center*): Guarda las claves de autenticación de los suscriptores en un HLR y la identidad internacional del abonado del servicio móvil (IMSI).

- Puerta de enlace MSC (GMSC, *Gateway MSC*): es un MSC que está ubicado entre la PSTN y otros MSC en la red. Su función es la de lograr un encaminamiento de las llamadas entrantes hacia los MSC apropiados.
- Nodo servidor soporte del servicio GPRS (SGSN): es el elemento principal en la red de conmutación de paquetes, que contiene información de la suscripción y de ubicación.
- Nodo de soporte de puerta de enlace GPRS (GGSN, *Gateway GPRS Support Node*): corresponde al GMSC en la red de circuitos. Mientras que el GMSC encamina sólo tráfico entrante, el GGSN también encamina el tráfico saliente. (Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

Red terrenal de acceso radioeléctrico de UMTS

La red UTRAN está compuesta por controladores de red radioeléctrica (RNC, Radio Network Controller) y estaciones base denominadas nodos B (Node B), juntos conforman un subsistema de red radioeléctrica (RNS, Radio Network Subsystem). (Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

Un RNS ofrece la localización y liberación de recursos de radio específicos para establecer modos de conexión. Un RNS es responsable de los recursos y de la transmisión / recepción en un conjunto de celdas.

El sistema UTRAN ha sido desarrollado para alcanzar altas velocidades de transmisión. Nuevos tipos de transferencia de datos y algoritmos ayudan a alcanzar esta velocidad. El terminal está conectado a una Estación Base Transmisora (BTS) o lo que ahora llamaremos NODO B. El nodo B crea, mantiene, y envía un enlace de radio en cooperación con el terminal. Es decir,

es el componente responsable de la transmisión y recepción radio entre el terminal y una o más celdas UMTS. Conecta vía W-CDMA Uu radio interface, con el UE, y con el RNC vía el Iub de forma asíncrona (ATM), el Nodo B es un punto terminal de la red ATM.

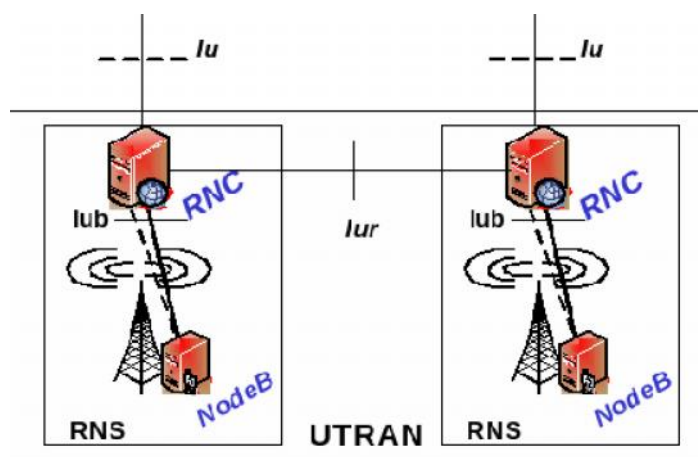


Figura 23. Red de Acceso de radio UMTS. (Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

El Controlador de la red de radio (RNC) es responsable de todo el control de los recursos lógicos de una BTS.

El RNC y el Nodo B en la red UMTS tienen funciones equivalentes a la función de la BSC y la BTS en las redes GSM/GPRS. Resulta entonces posible compartir la infraestructura (torres y demás) entre ambas arquitecturas, solo que en el caso de UMTS, para lograr la cobertura planeada se deben adicionar nuevas instalaciones, igualmente, la CN se puede compartir, según la versión de GSM que tenga el operador.

2.1.4.3 WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)

En WCDMA, existen dos modos de operación y la capacidad de funcionar en modo de FDD o TDD permite la utilización eficiente del espectro disponible:

- **FDD:** Los enlaces de las transmisiones de subida (uplink) y de bajada (downlink) emplean dos bandas de frecuencia separadas. Un par de bandas de frecuencia con una separación especificada se asigna para cada enlace.
- **TDD:** En este método bidireccional, las transmisiones de los enlace subida (uplink) y bajada (downlink) son transportadas en la misma banda de frecuencia usando intervalos de tiempo (intervalos de trama) de forma síncrona. Así los intervalos de tiempo en un canal físico se asignan para los flujos de datos de transmisión y de recepción.

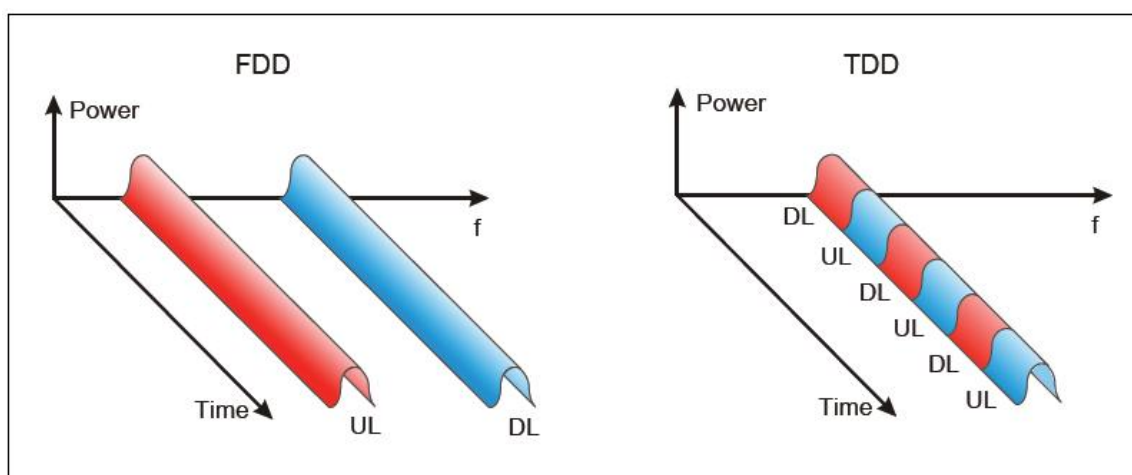


Figura 24. Esquema de FDD y TDD. (TELCEL, Servicio Técnico R9, 2014)

UMTS en su red de acceso radio terrestre UTRAN utiliza el esquema de CDMA de espectro extendido (WCDMA) en cada uno de los canales de frecuencia en su modo FDD. Para el caso del modo TDD utiliza una combinación entre CDMA, FDMA y TDMA porque cada *FRAME* es dividido en 15 ranuras de tiempo.

WCDMA (Acceso múltiple por división de código de banda ancha) es una tecnología móvil inalámbrica de tercera generación que aumenta las tasas de transmisión de datos de los sistemas GSM utilizando la interfaz aérea CDMA en lugar de TDMA, por ello ofrece velocidades de datos mucho más altas en dispositivos inalámbricos móviles y portátiles que las ofrecidas hasta el momento.

WCDMA soporta de manera satisfactoria una tasa transferencia de datos que va de 144 hasta 512 Kbps para áreas de cobertura amplias y éstos pueden llegar hasta los 2Mbps para mayor cobertura en áreas locales. En sistemas de WCDMA la interfaz aérea de CDMA se combina con las redes basadas en GSM.

El estándar que ha surgido con este proyecto de 3GPP, es UTRA (Universal Terrestrial Radio Access), cuyo esquema de acceso es DS-SS (Direct-Sequence Code Division Multiple Access) acceso múltiple por división de códigos por espectro expandido en secuencia directa. La información se extiende por una ventana de aproximadamente 5 MHz. Este ancho de banda amplia es el que ocupa un canal *Wideband* CDMA o WCDMA.

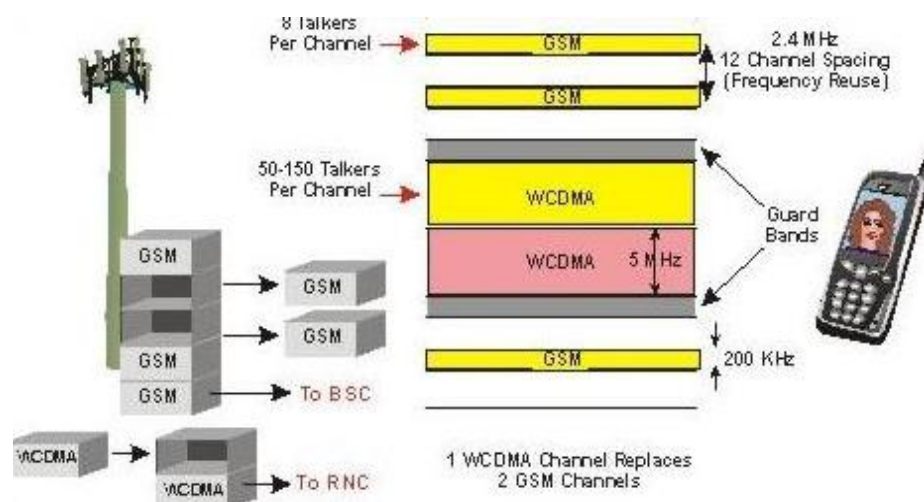


Figura 25. Actualización GSM a WCDMA. (Harte, 2006)

2.1.4.4 Optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA

HSDPA

HSDPA (High Speed Downlink Packet Access o Acceso Descendente de Paquetes a Alta Velocidad) también conocida como 3.5G, 3G+ o Turbo3G, es la optimización de la tecnología espectral UMTS/WCDMA, incluida en las especificaciones de 3GPP Release 5. (Wikipedia, 2014)

HSDPA consiste en un nuevo canal dentro de W-CDMA llamado HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel), este canal es compartido entre todos los usuarios brindando altas velocidades de bajada de 1.8, 3.6, 7.2 y hasta de 14.4 Mbps en teoría en condiciones óptimas (y 20 Mbps con antenas MIMO - multiple input multiple output), superando altamente a los 384 kbps de UMTS, y aumentando así su eficiencia espectral, lo que permite brindar mejores tiempos de respuesta en aplicaciones en tiempo real como videoconferencia y juegos.

HSDPA realiza mejoras sobre los 5MHz de ancho de banda del canal de bajada de W-CDMA (wideband CDMA) usando una técnica diferente de modulación y codificación: modulación de amplitud en cuadratura 16QAM y codificación variable de errores. (Sandoval Reyes, 2014)

HSUPA

HSUPA (High-Speed Uplink Packet Access o Acceso Ascendente de Paquetes a Alta Velocidad) es un protocolo de acceso de datos para redes de telefonía móvil con alta tasa de transferencia de subida (de hasta 7,2 Mbps). Calificado como generación 3.75G o 3.5G Plus, es una evolución de HSDPA (3.5G).

HSUPA está definido en Universal Mobile Telecommunications System Release 6 estándar publicado por 3GPP (www.3gpp.org), como una tecnología que

ofrece una mejora sustancial en la velocidad para el tramo de subida, desde el terminal hacia la red.

HSDPA y HSUPA, ofrecen altas prestaciones de voz y datos, y permitiendo la creación de un gran mercado de servicios IP multimedia móvil. HSUPA mejora las aplicaciones de datos avanzados persona a persona, con mayores y más simétricos ratios de datos, como el e-mail en el móvil y juegos en tiempo real con otro jugador. Las aplicaciones tradicionales de negocios, junto con muchas aplicaciones de consumidores, se benefician del incremento de la velocidad de conexión. (Wikipedia, 2014)

HSPA y HSPA+

HSPA 3.8G

HSPA (High-Speed Packet Access) es la combinación de tecnologías posteriores y complementarias a 3G, como son el 3.5G o HSDPA y 3.75G o HSUPA. Teóricamente alcanza velocidades de hasta 14.4 Mbps en bajada y hasta 2 Mbps en subida, dependiendo del estado o la saturación la red y de su implantación. (Wikipedia, 2014)

HSPA+ 3.85G

Lanzado a finales de 2008 Evolved HSPA (HSPA Evolucionado) o HSPA+, adoptado a nivel mundial en 2010, es un estándar de internet móvil definido en la versión 7 de 3GPP y posteriores.

HSPA+ provee velocidades de hasta 84 Mbps de bajada y 22 Mbps de subida, a través de una técnica multi-antena conocida como MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) y modulación 64-QAM. Sin embargo, estas velocidades representan picos teóricos que difícilmente se llegan a alcanzar. Al lado de la celda (sector, máximo 3 sectores por sitio), se alcanzan velocidades apenas superiores a los

14.4 Mbps de HSDPA, a menos que se utilice un canal mayor a los 5 MHz. Las versiones posteriores de HSPA+ soportarán velocidades de hasta 168 Mbps utilizando múltiples portadoras, y hasta 672 Mbps según lo propuesto para la versión 11 de 3GPP, utilizando técnicas avanzadas de antena.

HSPA+ también introduce una arquitectura IP opcional para las redes cuyas estaciones base estén conectadas directamente a un backhaul IP y en seguida al enrutador del ISP. Asimismo, esta tecnología permite un ahorro importante de batería y un acceso más rápido al contenido, ya que mantiene una conexión permanente. HSPA+ no debe ser confundida con LTE, que utiliza una interfaz aérea distinta. (Wikipedia, 2014)

En una estructura jerárquica de la red de telecomunicaciones, la parte *backhaul* de la red comprende los eslabones intermedios entre el núcleo de red , o red troncal y las pequeñas subredes en el "borde" de toda la red jerárquica.

Una red de retorno (traducción al español del inglés backhaul), en telecomunicaciones, es la porción de una red jerárquica, que comprende los enlaces intermedios entre el núcleo o backbone, y las subredes en sus bordes. Las redes de retorno conectan redes de datos, redes de telefonía celular, y otros tipos de redes de comunicación, además de ser usadas para interconectar redes entre sí utilizando diferentes tipos de tecnologías alámbricas o inalámbricas. (Wikipedia, 2014)

2.1.5 Evolución de la red UMTS hacia LTE

El sistema de tercera generación UMTS, basado en la tecnología de acceso W-CDMA ha sido desarrollado en muchas partes del mundo. Para asegurar que este sistema continúe siendo competitivo a futuro, en noviembre 2004 el 3GPP inició un proyecto para definir una evolución a largo plazo del sistema celular llamado UMTS. Su enfoque principal consiste en mejorar o evolucionar la red UTRA para que se pueda utilizar para una futura evolución hacia 4G.

Las especificaciones relacionadas con este esfuerzo son formalmente conocidas como acceso radioeléctrico terrenal evolucionado de UMTS (E-UTRA, *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access*) y red terrenal de acceso radioeléctrico evolucionada de UMTS (E-UTRAN, *Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network*), pero son comúnmente referidas como el Proyecto LTE. Esta primera versión de LTE está documentada en las especificaciones del Release 8 de la 3GPP.

Un proyecto paralelo llamado evolución de la arquitectura del sistema (SAE, *System Architecture Evolution*) define una arquitectura todo IP compuesta por un núcleo de red de conmutación de paquetes llamado núcleo de paquetes evolucionado (EPC, *Evolved Packet Core*). La combinación del EPC y la red de acceso evolucionada (es decir la combinación de E-UTRA y E-UTRAN) definen el sistema evolucionado de paquetes (EPS, *Evolved Packet System*). De esta forma el sistema completo es denominado LTE/SAE ó simplemente LTE.

La arquitectura de una red SAE, es una evolución del el núcleo de red GPRS con algunas diferencias:

- Arquitectura simplificada dirigida hacia una red todo IP.
- Soporte para múltiples sistemas tales como GPRS.
- Movilidad entre diferentes redes de acceso de radio. (Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

2.1.6 LTE

La tecnología LTE recibe también el nombre de Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) y forma parte del Release 8 de la especificación de 3GPP.

El objetivo principal de LTE es proporcionar una alta tasa de datos, baja latencia y optimización de paquetes, con una tecnología de acceso de radio con un ancho de banda flexible, permitiendo a los operadores migrar sus redes de HSPA a LTE, para lo cual se dispone de una nueva arquitectura de red, que permite soportar en movimiento un tráfico de conmutación de paquetes, con garantía de calidad de servicio a una mínima latencia.

De igual manera que los sistemas 3G coexisten con los sistemas 2G en redes integradas, LTE coexistirá con sistemas 3G y 2G. Dispositivos multimodo funcionarán a través de las redes LTE/3G o incluso a través de LTE/3G/2G, dependiendo de las circunstancias del mercado.

LTE no está basado en WCDMA al igual que UMTS, en el downlink el método de acceso escogido es OFDMA y en el uplink el método de acceso usado es Single Carrier Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA), proporcionando ortogonalidad entre usuarios, reduciendo la interferencia y mejorando la capacidad de la red. Además se incorpora el uso de múltiples antenas.

El sistema puede operar en dos modos Frequency Division Duplex (FDD) y Time Division Duplex (TDD). LTE permite flexibilidad en el espectro, donde el ancho de banda puede ser escogido entre 1.4MHz y 20MHz dependiendo de la disponibilidad del espectro. El ancho de banda de 20MHz puede proporcionar una tasa de datos de hasta 300Mbps en downlink y una tasa de datos de 75 Mbps en uplink. Se reduce la latencia a 10ms para la transmisión de un paquete desde la red al dispositivo del usuario. (Muñoz, Lara, & León, 2014)

2.1.6.1 Arquitectura del Sistema LTE

La arquitectura general de los sistemas celulares es el conjunto de nodos e interfaces que hacen posible la comunicación entre una estación base y un terminal móvil. Esta nos permite conocer la red en su conjunto.

Para comprender la arquitectura de un sistema de comunicaciones celular iniciaremos identificando tres elementos principales que la constituyen:

- **Equipo de usuario**, dispositivo que permite al usuario acceder a los servicios que nos ofrece la red. El dispositivo del usuario tendrá una tarjeta inteligente, que comúnmente denominamos tarjeta SIM (Subscribe Identity Module), que contendrá la información necesaria para poder conectarse a la red y poder disfrutar de los servicios que nos ofrece nuestro proveedor de servicio. Se conectará a la red a través de la interfaz radio.
- **Red de acceso**, es la parte del sistema que realiza la comunicación, transmisión radio, con los equipos de usuario para proporcionar la conectividad con la red troncal. Es la responsable de gestionar los recursos radio que estén disponibles para ofrecer los servicios portadores de una manera eficiente. La red de acceso está formada por estaciones base y dependiendo de la generación, por equipos controladores de estaciones base.
- **Red troncal**, parte del sistema que se encarga del control de acceso a la red celular, por ejemplo la autenticación de los usuarios, gestión de la movilidad de los usuarios, gestión de la interconexión con otras redes, control y señalización asociada al servicio de telefonía, etc. Los equipos que conforman esta red albergan funciones de conmutación de circuitos, enrutamiento, bases de datos, etc.

Tal como se muestra en la siguiente figura, los sistemas 3GPP abarcan la especificación del equipo de usuario y de una infraestructura de red que se divide de forma lógica en una infraestructura de red troncal (Core Network, CN) y una de red de acceso (Access Network, AN). (Comes, y otros, 2010)

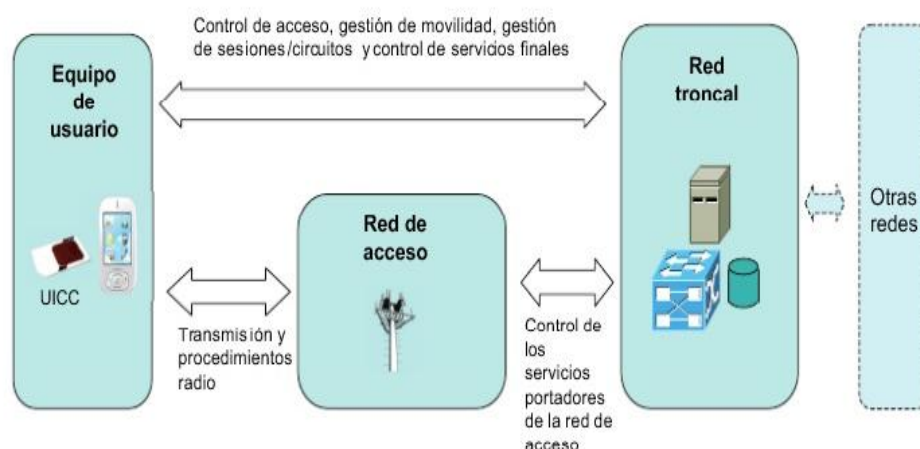


Figura 26. Arquitectura general de los sistemas celulares (3GPP). (Comes, y otros, 2010)

La arquitectura completa del sistema LTE es denominada como 3GPP Evolved Packet System (EPS). La idea es la misma que en las otras generaciones, dividir el sistema en los tres elementos mencionados anteriormente. Un equipo de usuario, una nueva red de acceso conocida como Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) y una red troncal que se denomina Evolved Packet Cores (EPCs). Todos los componentes que engloban este sistema están diseñados para soportar todo tipo de servicios de telecomunicación mediante mecanismos de conmutación de paquetes, por lo que no es necesario disponer de un dispositivo que trabaje en modo circuito, ya que en el sistema LTE los servicios con restricciones de tiempo real se soportan también mediante conmutación de paquetes; con movilidad sin fisuras, calidad de servicio y mínima latencia por lo que LTE presenta una arquitectura más plana y simplificada. En la siguiente gráfica se refleja su arquitectura simplificada.

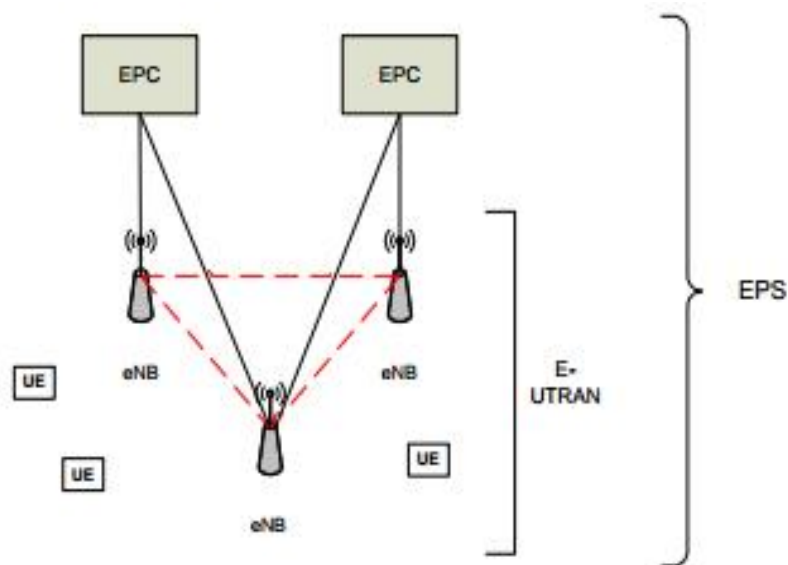


Figura 27. Arquitectura Simplificada LTE. (Comes, y otros, 2010)

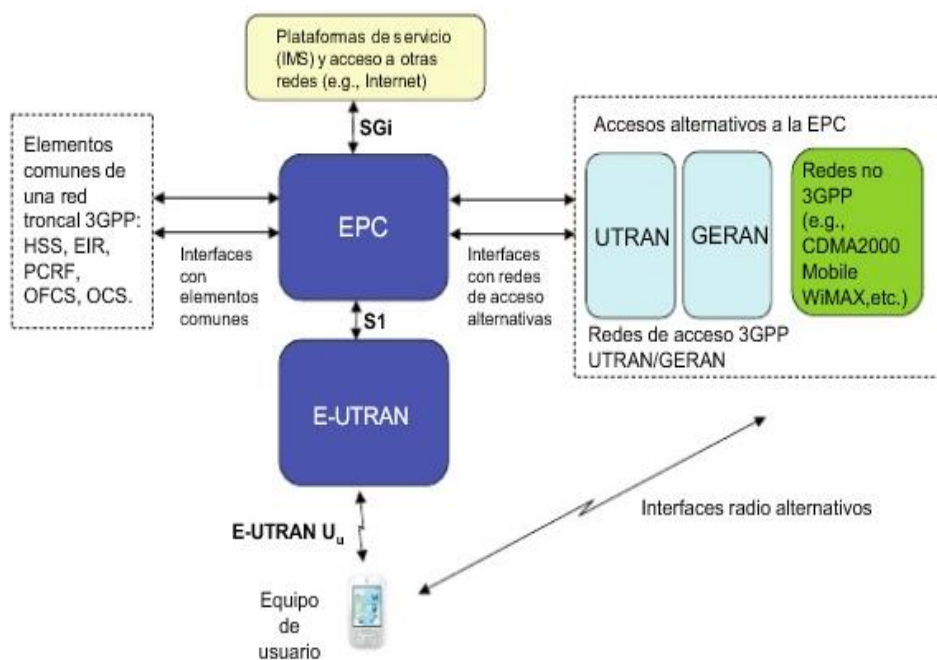


Figura 28. Estructura detallada de los sistemas LTE. (Comes, y otros, 2010)

La interfaz entre E-UTRAN y EPC que se muestra en la figura anterior se denomina S1 y proporciona a la EPC los mecanismos necesarios para gestionar

el acceso de los terminales móviles a través de E-UTRAN. La interfaz radio entre los equipos de usuario y E-UTRAN se denomina E-UTRAN U. Por otro lado, las plataformas de servicios como IMS y la conexión a redes de paquetes externas IP se llevan a cabo mediante la interfaz SGi de la EPC. La interfaz SGi es análoga a la interfaz Gi definida en las redes GPRS/UMTS y constituye el punto de entrada/salida al servicio de conectividad IP proporcionado por la red LTE (los terminales conectados a la red LTE son visibles a las redes externas a través de esta interfaz mediante su dirección IP). Esta red física es la que se utiliza en LTE para interconectar todos los equipos de la red, que se denomina red de transporte. Los mecanismos de control de los servicios de transporte ofrecidos por EPC se sustentan en información proporcionada por otros elementos de la red troncal que no son exclusivos del sistema LTE sino que pueden dar soporte también a otros dominios de los sistemas 3GPP.

En la infraestructura de red LTE aparte de los equipos que realizan las funciones específicas del estándar, también habrá elementos de la red propios de redes IP como routers, servidores DHCP, servidores de DNS, switches, etc. (Comes, y otros, 2010)

A continuación se profundiza un poco en los principales elementos de la arquitectura LTE:

Evolved Packet Core (EPC)

La arquitectura EPC se guía por el principio de separación lógica de la señalización y las redes de transporte de datos, está formada principalmente por las siguientes entidades:

- **Mobile Management Entity (MME)**, es el principal elemento que maneja el plano de control en el EPC. Proporciona gestión de movilidad y la administración de sesiones se realizan en el MME.

- **System Architecture Evolution Gateway (S-GW)**, es el nodo del plano de usuario que une la red de acceso con el núcleo de la red. Actúa como un asegurador de movilidad local cuando existe handover entre eNBs y como un asegurador de movilidad entre LTE y otras tecnologías 3GPP.
- **Packet Data Network Gateway (P-GW o PDN-GW)**, es el punto de interconexión a redes IP externas.
- **Policy and Charging Rules Function (PCRF)**, es el elemento de la red responsable de la política y control de carga. Gestiona y provisiona los servicios en términos de QoS y tarificación aplicadas al tráfico de usuario.
- **Evolved Packet Data Gateway (ePDG)**, establece un túnel seguro para la transmisión de datos con el terminal.
- **Home Subscriber Server (HSS)**, almacena y actualiza, la base de datos que contiene toda la información de suscripción de usuario. (Muñoz, Lara, & León, 2014)

Respecto a la red troncal, ésta se divide de forma lógica en un dominio de circuitos (Circuit Switched, CS, Domain), un dominio de paquetes (Packet Switched, PS, Domain) y el subsistema IP Multimedia (IP Multimedia Subsystem, IMS).

El dominio CS alberga a todas las entidades de la red troncal que participan en la provisión de servicios de telecomunicaciones basados en conmutación de circuitos, es decir, servicios a los que se les asignan recursos de forma dedicada en el momento de establecimiento de la conexión, manteniéndose éstos hasta la finalización del servicio (servicios de voz y videoconferencia en redes UMTS). El dominio de circuitos de la red troncal es accesible a través de las redes de acceso UTRAN y GERAN. En cambio, el diseño de E-UTRAN no contempla el

acceso al dominio CS ya que todos los servicios se proporcionan a través del dominio PS.

El dominio PS incluye a las entidades de la red troncal que proporcionan servicios de telecomunicaciones basados en conmutación de paquetes donde la información de usuario se estructura en paquetes de datos que se encaminan y transmiten por los diferentes elementos y enlaces de la red. En particular, el dominio PS proporciona un servicio de conectividad a redes de paquetes. Existen dos implementaciones diferentes del dominio PS: GPRS (General Packet Radio Service) y EPC. GPRS es la implementación del dominio PS que se desarrolló inicialmente en el contexto de redes GSM y que actualmente también forma parte del sistema UMTS. Los servicios de conectividad por paquetes de GPRS son accesibles tanto a través de UTRAN como de GERAN.

Por otro lado, EPC es la nueva especificación del dominio PS desarrollada en el contexto del sistema LTE. EPC es una implementación evolucionada de GPRS que ha sido optimizada para proporcionar un servicio de conectividad IP a los equipos de usuario a través de E-UTRAN. El dominio EPC también ha sido concebido para soportar el acceso al servicio de conectividad IP desde las otras redes de acceso 3GPP (UTRAN y GERAN) así como desde redes no 3GPP (redes CDMA2000 (Code Division Multiple Access), Mobile WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), etc.)

También como parte de la red troncal, el subsistema IMS comprende los elementos de ésta relacionados con la provisión de servicios IP (Internet Protocol) multimedia basados en el protocolo SIP (Session Initiation Protocol) de IETF (Internet Engineering Task Force). El subsistema IMS es responsable de la señalización asociada a los servicios multimedia y utiliza como mecanismo de transporte los servicios de transferencia de datos proporcionados por el dominio PS (el equipo de usuario y los equipos del subsistema IMS o redes externas se comunican entre sí a través del servicio de conectividad IP ofrecido por el

dominio PS). En este sentido, el subsistema IMS constituye el plano de control de dichos servicios quedando claramente separadas las funciones asociadas al transporte de la información (funciones asociadas al dominio PS) y las funciones propias de la capa de control de los servicios. (Comes, y otros, 2010)

Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)

E-UTRAN únicamente contiene un Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network Base Stations (también conocido como eNodeB o eNB) donde el User Equipment (UE) se comunica con el eNB y los eNBs se comunican entre sí y con el EPC. (Muñoz, Lara, & León, 2014)

Respecto a la red de acceso, 3GPP ha especificado tres tipos de redes de acceso diferentes: GERAN (GSM/EDGE Radio Access Network), UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) y E-UTRAN (Evolved UTRAN). Las redes de acceso GERAN y UTRAN forman parte del sistema 3G UMTS mientras que E-UTRAN es la nueva red de acceso del sistema LTE. Cada red de acceso define su propia interfaz radio para la comunicación con los equipos de usuario: GERAN, también denominada de forma habitual simplemente como GSM, utiliza un acceso basado en TDMA (Time Division Multiple Access), la tecnología utilizada en UTRAN es WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) y, E-UTRAN ha apostado por la tecnología OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access). Asimismo, la interconexión de las redes de acceso a la red troncal se realiza mediante interfaces AN-CN específicas a cada una de ellas. Esta arquitectura genérica ha sido adoptada en las diferentes familias de sistemas celulares 2G y 3G, y también se mantiene en el sistema LTE. La separación entre la red de acceso y red troncal confiere un importante grado de flexibilidad al sistema de cara a soportar un proceso evolutivo en el que se puedan ir mejorando, agregando o sustituyendo las diferentes partes de la red con la mínima afectación posible al resto de la misma, tal como lo muestra la siguiente figura. (Comes, y otros, 2010)

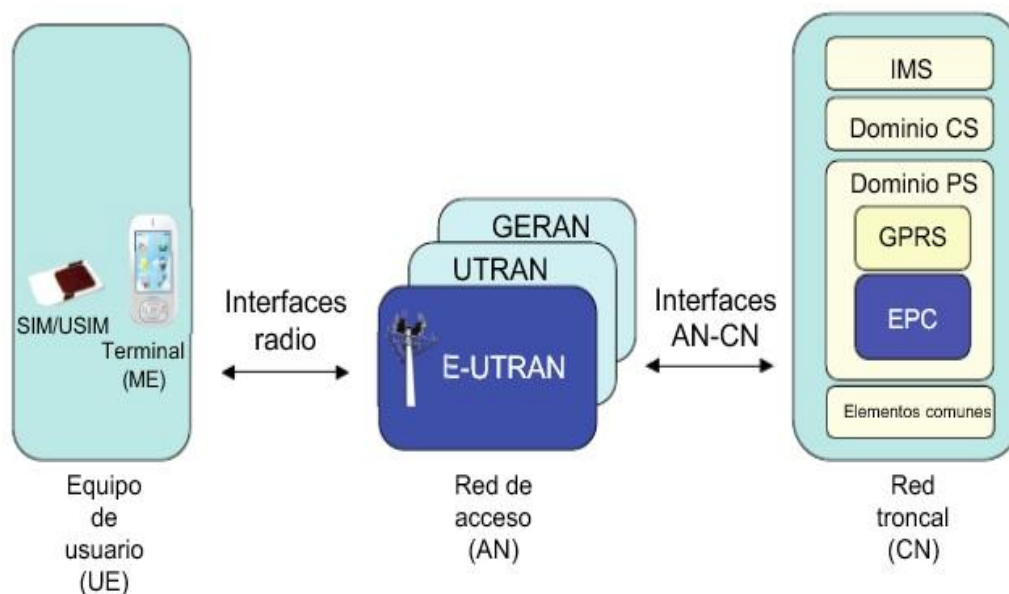


Figura 29. Arquitectura de alto nivel de los sistemas 3GPP (GSM, UMTS y LTE). (Comes, y otros, 2010)

User equipment (UE)

UE es el dispositivo que el usuario utiliza para la comunicación con la red. Normalmente se trata de un dispositivo portátil como un teléfono inteligente o una tarjeta de datos, como las que se utilizan actualmente en las redes 2G y 3G. (Muñoz, Lara, & León, 2014)

2.1.6.2 Características Generales del Sistema



Figura 30. Principales características técnicas (release 8). (Telefónica Investigación y Desarrollo, S.A. Unipersonal, 2010)

La tecnología LTE pretende ser una tecnología segura y estable presentando las siguientes características en general:

- Alta eficiencia espectral.
- Menor latencia para conexiones rápidas y en tiempo real.
- Tasas de carga y descarga más veloces.
- Movilidad constante.
- Manejo de altas cargas de datos.
- Soporte de ancho de banda variable.
- Arquitectura de protocolo simple.
- Posibilidad de handover entre redes dispares incluyendo las redes móviles, redes de línea fija globales, de fibra óptica y privadas, manteniendo una calidad de servicio de alta seguridad.
- Compatibilidad e interoperabilidad con versiones anteriores 3GPP.

- Interacción con otros sistemas, por ejemplo, cdma2000.
- Capaz de operar tanto en bandas pareadas (FDD) como no pareadas (TDD) en una tecnología de radio de acceso único.
- Eficiente multicast/broadcast.
- Una conexión de datos confiable y sin interrupciones. (Guevara Toledo & Vásquez Alarcón, 2013)

LTE posee una serie de características que permiten la explotación de las condiciones instantáneas del canal radio de una forma extremadamente eficiente. El resultado es un incremento importante de la capacidad del sistema optimizando la potencia necesaria.

A continuación se abordan algunas de las principales características de LTE:

➤ Esquemas de múltiple acceso

Utilización de OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access - Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal), es una variante especial de FDMA, técnica que permite transferir señales de manera simultánea, dividiendo el canal en pequeños rangos de frecuencias, llamadas subportadoras (subcarriers) ortogonales que se reparten en grupos en función de la necesidad de cada uno de los usuarios, tal como se observa en la siguiente figura.

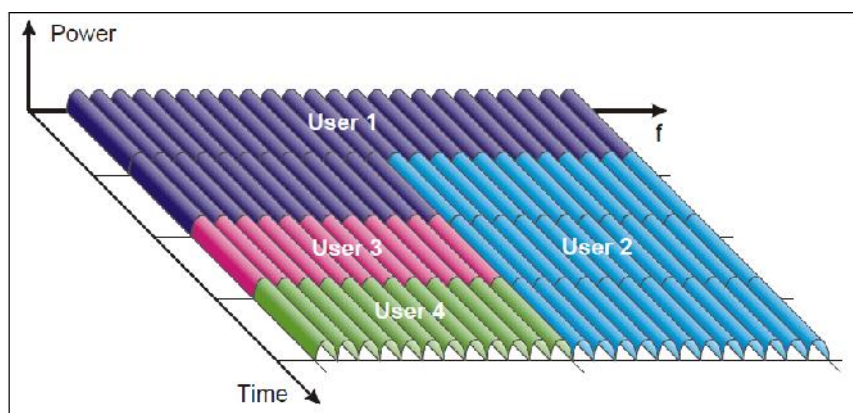


Figura 31. OFDMA. (TELCEL, Servicio Técnico R9, 2014)

Para evitar interferencia entre subportadoras, en un sistema FDMA ordinario, se separan en el dominio de la frecuencia con bandas de resguardo, lo que significa un desperdicio en el espectro. OFDMA ofrece eficiencia espectral, pues no necesita intervalos de guarda entre subportadoras.

Los métodos de accesos presentados anteriormente (FDMA, TDMA y CDMA) son utilizados para modulaciones de portadora única, mientras que OFDMA para modulación multiportadora. En otras palabras, significa que un gran número de subportadoras ortogonales son utilizadas para transportar datos. Cada subportadora es modulada con un esquema de modulación convencional (QPSK o QAM), manteniendo una tasa total de datos similar al esquema de modulación de portadora única en el mismo ancho de banda. (TELCEL, Servicio Técnico R9, 2014)

En la descarga (downlink) con LTE se emplea una modulación OFDMA. Las subportadoras se modulan con un rango de símbolos QPSK, 16QAM o 64QAM. Es una tecnología que resiste bien a múltiples trayectos, permite una alta eficiencia espectral, idónea para implementaciones MIMO. Precisamente en ello reside una de sus máximas ventajas, ya que con esto se facilita la implementación del estándar, a la vez que se optimiza la eficacia de la transmisión de datos, lo que permite la trasmisión de videos en alta definición.

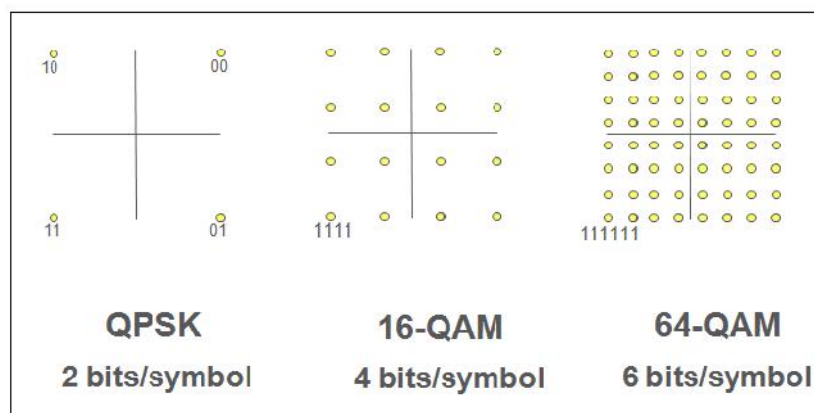


Figura 32. Esquemas de modulación. (TELCEL, Servicio Técnico R9, 2014)

Utilización de SC-FDMA (Single-Carrier FDMA - Portadora única FDMA) en el enlace ascendente (uplink). Una desventaja de OFDMA es la existencia de importantes variaciones de potencia en las señales de salida. Por ello es necesaria la utilización de amplificadores especialmente lineales, que poseen una baja eficiencia. El consumo de potencia es especialmente importante para el enlace ascendente por lo que se utiliza SC-FDMA, una alternativa más eficiente en términos de potencia (mejora la capacidad del sistema y reduce el consumo de potencia) que conserva la mayoría de las ventajas de OFDMA.

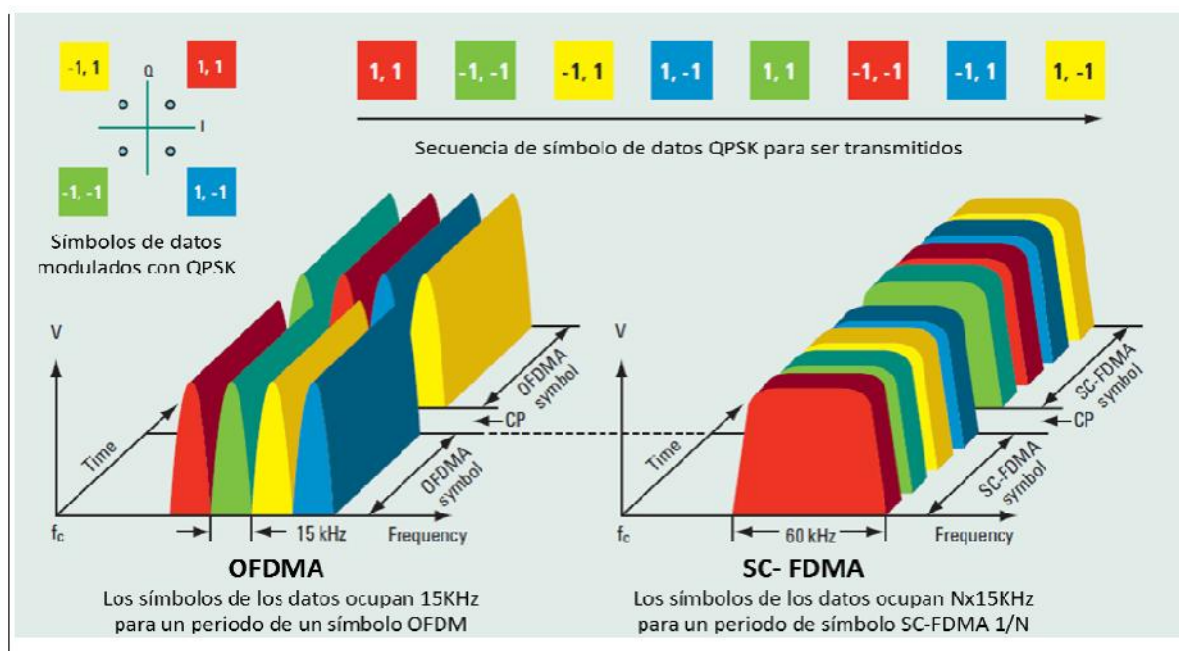


Figura 33. Modos de funcionamiento OFDMA y SC-FDMA. (TELCEL, Servicio Técnico R9, 2014)

El gráfico muestra una secuencia de ocho símbolos QPSK en un ejemplo con 4 sub-portadoras. Para OFDMA, los 4 símbolos se toman en paralelo, cada uno de ellos modulando su propia sub-portadora en la fase QPSK apropiada. Después de un período de símbolo OFDMA, se deja un tiempo (para que no haya solapamientos) antes del siguiente período de símbolo.

En SC-FDMA, cada símbolo se transmite secuencialmente. Así, los 4 símbolos se transmiten en el mismo período de tiempo. El rango de símbolos más alto requiere de cuatro veces el ancho de banda del espectro. Después de cuatro símbolos se deja el tiempo para evitar solapamientos mencionado anteriormente. (Wikipedia, 2014)

➤ **Flexibilidad del espectro**

Es una de las características clave de LTE. La existencia de distintos marcos regulatorios dependiendo de la zona geográfica de despliegue, así como la coexistencia con otros operadores u otros servicios y sistemas, hacen necesaria la flexibilidad en el ancho de banda usado dentro de la banda de despliegue.

El sistema permite además un uso óptimo del espectro radioeléctrico por medio de técnicas de Asignación Dinámica del Espectro (Dynamic Spectrum Assignment, DSA). Básicamente el sistema es capaz, en función de las condiciones del canal en cada bloque de frecuencia e instante de tiempo, de seleccionar los usuarios en mejores condiciones. (Xirio Online, 2014)

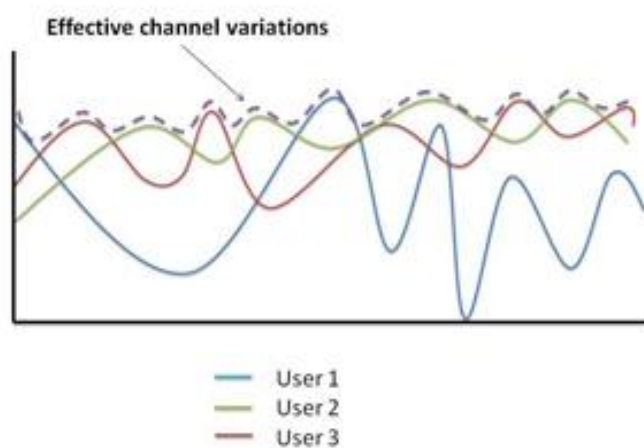


Figura 34. Variaciones de canal. (Xirio Online, 2014)

➤ Utilización de múltiples antenas

Dentro de las especificaciones de LTE se encuentra el uso de múltiples antenas en TX y RX, lo cual es clave para llegar a los objetivos más competitivos en el rendimiento de LTE y se utilizan de diferentes maneras. Para downlink comprende: transmit diversity, beamforming, spatial multiplexing.

Con múltiples antenas en el transmisor y una antena en el receptor (MISO – Multiple Input Single Output) se llega a los métodos Transmit diversity y Beamforming (con el cual la transmisión de una señal es dirigido a un punto en particular, generalmente hacia el UE).

Con múltiples antenas en transmisor y receptor (MIMO) es posible lograr un multiplexaje espacial (spatial multiplexing), con el cual se crean diversas trayectorias de datos en la interfaz de radio. (TELCEL, Servicio Técnico R9, 2014)

A continuación se describen brevemente los métodos anteriormente mencionados:

En el caso del modo **Transmit diversity**, cada antena transmite el mismo flujo de información, pero con diferente código. LTE emplea Space Frequency Block Coding (SFBC) como un esquema de transmit diversity. Una matriz especial es aplicada en el lado del transmisor, en la etapa de precodificación. En un determinado momento, la antena transmite los mismos símbolos de datos, pero con diferente codificación y subportadora. Este modo incrementa la robustez de transmisión, permite que la señal sea más resistente al fading y puede mejorar el rendimiento en condiciones de baja SNR.

Spatial multiplexing, permite transmitir diferentes flujos de datos simultáneamente en un mismo bloque de recursos. Estos flujos de datos pueden

pertenecer a un único usuario (single user MIMO / SU-MIMO) o diferentes usuarios (multi user MIMO / MU-MIMO). Mientras SU-MIMO incrementa la velocidad de datos de un usuario, MU-MIMO permite incrementar la capacidad (más usuarios por celda). Spatial multiplexing es solo posible si el canal de radio móvil lo permite.

Beamforming, este modo se utiliza para LTE TDD. Permite la mayor direccionalidad de la potencia de las antenas, lo cual mejora la recepción SNR, aumenta la cobertura y capacidad del sistema.

En el uplink solo una antena de transmisión está disponible en UE. Sin embargo, con múltiples antenas receptoras en eNB, MU-MIMO puede ser soportada, donde múltiples terminales de usuarios pueden transmitir simultáneamente en un mismo bloque de recursos.

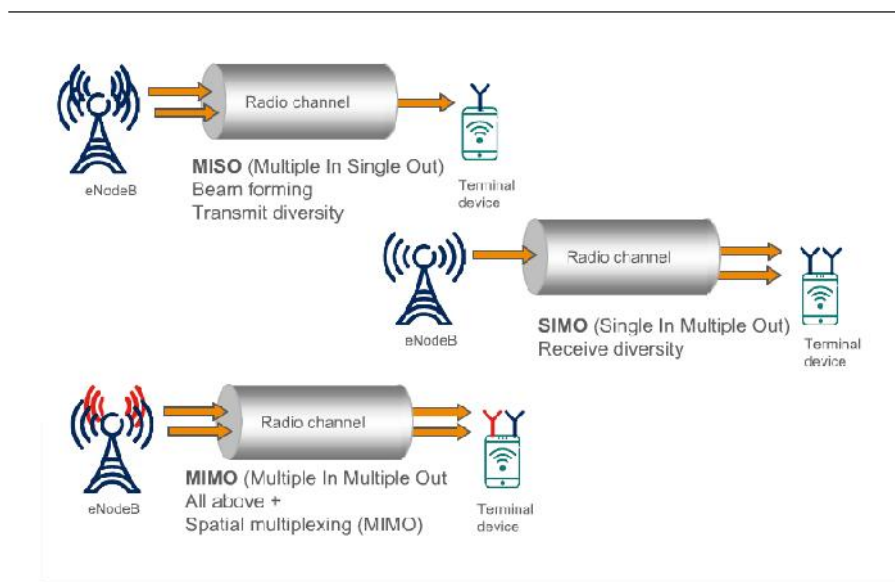


Figura 35. Ejemplos de transmisión multi-antena. (TELCEL, Servicio Técnico R9, 2014)

MIMO

-

MISO

MISO también se llama diversidad de transmisión. En este caso, los mismos datos se transmiten de forma redundante a partir de las dos antenas del transmisor. El receptor es capaz de recibir la señal óptima que se puede entonces utilizar para recibir extracto de los datos requeridos.



Figura 36. MISO - Multiple Input Single Output (Poole, 2014)

La ventaja de usar MISO es que las múltiples antenas y la redundancia de codificación / procesamiento se mueve desde el receptor al transmisor. En casos tales como los UE del teléfono móvil, esto puede ser una ventaja significativa en términos de espacio para las antenas y reducir el nivel de procesamiento requerida en el receptor para la codificación de redundancia. Esto tiene un impacto positivo en el tamaño, costo y duración de la batería como el nivel más bajo de procesamiento requiere menos consumo de batería. (Poole, 2014)

MIMO - SIMO

El SIMO o la versión una sola entrada múltiples salidas de MIMO ocurre cuando el transmisor tiene una sola antena y el receptor tiene múltiples antenas. Esto también se conoce como diversidad de recepción. A menudo se utiliza para habilitar un sistema receptor que recibe señales de un número de fuentes independientes para combatir los efectos del desvanecimiento. Se ha utilizado durante muchos años con la escucha de onda corta / estaciones receptoras para combatir los efectos del desvanecimiento ionosférico y las interferencias.



Figura 37. SISO - Single Input Single Output (Poole, 2014)

SISO tiene la ventaja de que es relativamente fácil de implementar aunque tiene algunas desventajas en que el procesamiento se requiere en el receptor. El uso de SISO puede ser bastante aceptable en muchas aplicaciones, pero donde se encuentra el receptor en un dispositivo móvil, como un teléfono celular, los niveles de procesamiento pueden ser limitados por el tamaño, costo y gasto de batería.

Hay dos formas de SISO que se pueden utilizar:

- **Switched diversity SISO:** Esta forma de SISO busca la señal más fuerte y cambia a esa antena.
- **Maximum ratio combining SISO:** Esta forma de SISO toma ambas señales y las resume para dar la combinación. De esta manera, las señales de ambas antenas contribuyen a la señal global. (Poole, 2014)

MIMO

Donde hay más de una antena en cada extremo del enlace de radio, esto se denomina, Multiple Input Multiple Output - MIMO se puede utilizar para proporcionar mejoras tanto en la robustez como en el rendimiento del canal.



Figura 38. MIMO - Multiple Input Multiple Output (Poole, 2014)

Con el fin de ser capaz de beneficiarse de MIMO plenamente es necesario ser capaz de utilizar la codificación de los canales para separar los datos de los diferentes caminos. Esto requiere un proceso, pero ofrece robustez del canal y capacidad de transmisión de datos adicionales. (Poole, 2014)

Debido a que en el formato de transmisión inalámbrica tradicional la señal se ve afectada por reflexiones, ocasionando degradación o corrupción de la misma y por lo tanto pérdida de datos. MIMO aprovecha fenómenos físicos como la propagación multicamino para incrementar la tasa de transmisión y reducir la tasa de error. En breves palabras MIMO aumenta la eficiencia espectral de un sistema de comunicación inalámbrica por medio de la utilización del dominio espacial. Por lo que ha sido aclamada en las comunicaciones inalámbricas, utilizando diferentes canales en la transmisión de datos o la multiplexación espacial por tener las antenas físicamente separadas.

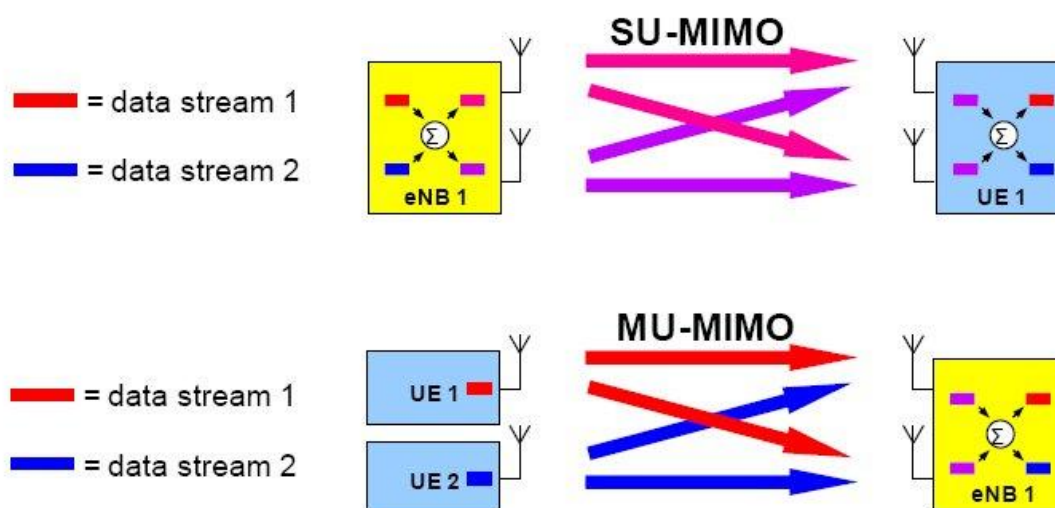


Figura 39. SU-MIMO y MU-MIMO (Ghadialy, 2014)

SU-MIMO (Single User MIMO - MIMO de Usuario Único)

- Este es un ejemplo de 2x2 MIMO del enlace descendente único usuario con precodificación.
- Dos flujos de datos se mezclan (precodificadas) para adaptarse mejor a las condiciones del canal.
- El receptor reconstruye los flujos originales que resulta en aumento de las tasas de datos de usuario único y aumento de la capacidad de la celda correspondiente.
- 2x2 SU-MIMO es obligatorio para el enlace descendente y opcional para el enlace ascendente.

MU-MIMO (MultiUser MIMO - MIMO de multiusuario)

- Ejemplo de 2x2 de enlace ascendente MU-MIMO.
- En MIMO de varios usuarios los flujos de datos provienen de diferentes UE.
- No hay ninguna posibilidad de hacer pre-codificación desde que los UE no están conectados, pero el mayor espaciamiento de antena TX da una mejor de-correlación en el canal.
- Aumentos de la capacidad de la célula, pero no la velocidad de datos de usuario único.
- La principal ventaja de la MU-MIMO en SU-MIMO es que el aumento de capacidad de la celda se puede tener sin el aumento del costo y el drenaje de la batería de dos transmisores de la UE.
- MU-MIMO es más complicado de programar de SU-MIMO. (Ghadialy, 2014)

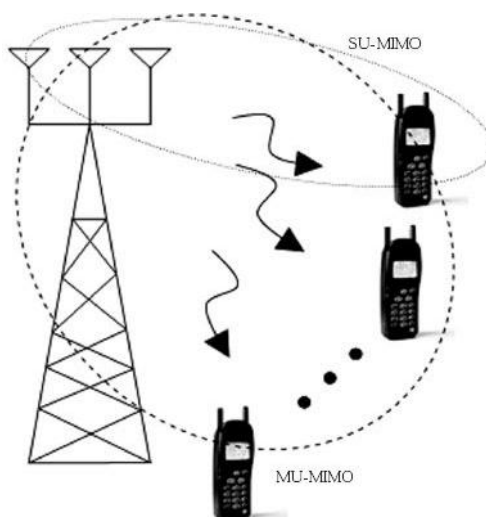


Figura 40. Ejemplo de SU-MIMO y MU-MIMO. (Ghadialy, 2014)

- **Coordinación de interferencia intercelular** (Inter-cell interference coordination, ICIC). LTE permite la coordinación entre las distintas estaciones base con el objetivo de identificar que usuarios se encuentran en el centro o en el borde de la celda. La utilización de diferentes esquemas de reutilización de frecuencias permite reducir la interferencia intercelular. (Xirio Online, 2014)

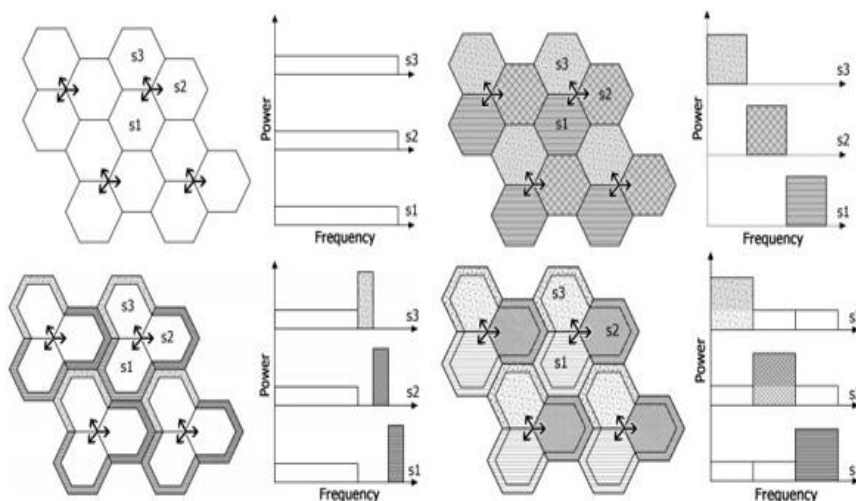


Figura 41. Reutilización de frecuencias. (Xirio Online, 2014)

2.1.6.3 Bandas de Frecuencia para LTE

Normalmente, se acostumbra que las bandas de frecuencias estén dadas en MegaHertz (MHz) o en GigaHertz (GHz); pero con LTE esto está cambiando y ahora ya no es suficiente mencionar la simple frecuencia, sino emplear un sistema de numeración, lo cual es algo más específico.

Ese es el caso de LTE, pues debido a la saturación actual del espectro electromagnético se han hecho muchas subdivisiones debido a que se emplean diferentes bloques dentro del espectro de radiofrecuencia y por ello es más frecuente el emplear una especie de "numeración" de bandas.

Tabla 3. Bandas de frecuencia (Wikipedia, 2014)

E-UTRA Band	Uplink (UL) BS receive UE transmit		Downlink (DL) BS transmit UE receive		Duplex Mode
	$F_{UL, low} - F_{UL, high}$		$F_{DL, low} - F_{DL, high}$		
1	1920 MHz	– 1980 MHz	2110 MHz	– 2170 MHz	FDD
2	1850 MHz	– 1910 MHz	1930 MHz	– 1990 MHz	FDD
3	1710 MHz	– 1785 MHz	1805 MHz	– 1880 MHz	FDD
4	1710 MHz	– 1755 MHz	2110 MHz	– 2155 MHz	FDD
5	824 MHz	– 849 MHz	869 MHz	– 894MHz	FDD
6	830 MHz	– 840 MHz	875 MHz	– 885 MHz	FDD
7	2500 MHz	– 2570 MHz	2620 MHz	– 2690 MHz	FDD
8	880 MHz	– 915 MHz	925 MHz	– 960 MHz	FDD
9	1749.9 MHz	– 1784.9 MHz	1844.9 MHz	– 1879.9 MHz	FDD
10	1710 MHz	– 1770 MHz	2110 MHz	– 2170 MHz	FDD
11	1427.9 MHz	– 1452.9 MHz	1475.9 MHz	– 1500.9 MHz	FDD
12	698 MHz	– 716 MHz	728 MHz	– 746 MHz	FDD
13	777 MHz	– 787 MHz	746 MHz	– 756 MHz	FDD
14	788 MHz	– 798 MHz	758 MHz	– 768 MHz	FDD
...					
17	704 MHz	– 716 MHz	734 MHz	– 746 MHz	FDD
...					
33	1900 MHz	– 1920 MHz	1900 MHz	– 1920 MHz	TDD
34	2010 MHz	– 2025 MHz	2010 MHz	– 2025 MHz	TDD
35	1850 MHz	– 1910 MHz	1850 MHz	– 1910 MHz	TDD
36	1930 MHz	– 1990 MHz	1930 MHz	– 1990 MHz	TDD
37	1910 MHz	– 1930 MHz	1910 MHz	– 1930 MHz	TDD
38	2570 MHz	– 2620 MHz	2570 MHz	– 2620 MHz	TDD
39	1880 MHz	– 1920 MHz	1880 MHz	– 1920 MHz	TDD
40	2300 MHz	– 2400 MHz	2300 MHz	– 2400 MHz	TDD

Las bandas "exactas" son denominadas "Band Class", y abreviadas como BC (ejemplo BC 4, para la Band Class 4); aunque es común que en las especificaciones se denominen simplemente "Band" (por ejemplo B4 para la misma Band Class 4) o incluso simplemente "Class" (Class 4, por ejemplo).

¿Por qué eso de bandas "exactas" y este asunto de las Band Classes?

Por ejemplo, en U.S.A, existen cuatro diferentes bandas LTE en 700MHz que son incompatibles entre sí; por lo que es más práctico asignarle un número específico a cada una de esas bandas (Band Class), ya que cada una de esas tres diferentes bandas LTE a 700MHz se componen de diferentes "pedacitos" del espectro de radiofrecuencia, por lo cual esas cuatro bandas de 700MHz son incompatibles entre sí; razón por la cual el decir "LTE en 700Mhz" realmente no nos dice mucho, en cuestiones de especificaciones, sino hay que saber el número de la banda exacta o "Band Class".

En el caso de LTE, estas serían las Band Classes más usuales (hasta ahora) (LTE-FDD), y que ya existen dispositivos comerciales.

Principales bandas LTE

BC1, LTE Band 1 ó Class 1: Una banda LTE empleada en Japón (no es la única), LTE en 2100MHz.

BC2, LTE Band 2 ó Class 2: La banda LTE secundaria empleada por U.S. Cellular (carrier CDMA), LTE en 1900MHz; ya que este operador tiene LTE en BC12 como banda LTE principal.

BC3, LTE Band 3 ó Class 3: (LTE en 1800MHZ) Banda LTE empleada en

Australia (también utilizan BC7 y BC20); y también utilizada en Asia. Para 2012, Digitel Venezuela también estaba implementando su LTE en BC3.

BC4, LTE Band 4 ó Class 4 ó LTE AWS: La famosa banda AWS, que se compone de 1700MHz y 2100MHz (1700 para upload y 2100 para download). Usada principalmente para el LTE de Canadá, el LTE de Telcel México y para numerosos carriers en América Latina, en U.S.A el LTE de T-Mobile a partir del 2013 (anteriormente a esa fecha el "4G" de T-Mobile U.S.A. era HSPA+42 Dual cell, no LTE). El más grande operador GSM de U.S.A. tiene la licencia de uso de esta banda para su LTE, en el 2012 at&t no la implementó comercialmente (at&t en 2012 sólo ha implementado su LTE de manera comercial sólo en la banda 17). Aun así los dispositivos LTE de at&t deben de contar forzosamente con soporte para LTE tanto en BC4 como también en BC17. A partir del 2013, Verizon Wireless tendría también LTE en BC4 (este carrier comenzó con LTE en BC13), mientras que MetroPCS fué el primer carrier en implementar BC4 para su red LTE.

BC5, LTE Band 5 ó Class 5: Banda LTE empleada en Asia, principalmente en Corea (LTE en 850MHz) y también en Israel.

BC6, LTE Band 6 ó Class 6: Otra banda LTE empleada en Japón (LTE en 800MHz).

BC7, LTE Band 7 ó Class 7: La banda LTE más usada en Europa y Australia (LTE a 2600MHz ó 2.6GHz); aunque algunos carriers Americanos también implementaran LTE en BC7.

BC10, LTE Band 10 ó Class 10: Se dice que esta banda se implementará en

Ecuador, Perú y Uruguay; independientemente a la implementación de otras bandas LTE (banda LTE similar a BC4 1700/2100; pero de mayor ancho).

BC12, LTE Band 12 ó Class 12: La banda LTE empleada por U.S. Cellular (carrier CDMA) en U.S.A (una más a 700MHz)

BC13, LTE Band 13 ó Class 13: La banda LTE que emplea Verizon Wireless en U.S.A, operador CDMA (otra banda LTE en 700MHz)

BC17, LTE Band 17 ó Class 17: La banda LTE inicial que está empleando at&t (LTE en 700MHz); aunque at&t también cuenta con licencia para BC4.

BC20, LTE Band 20 ó Class 20: La otra banda LTE muy usada en Europa, Australia y en la Federación de Rusia (LTE en 800MHz).

BC23, LTE Band 23 ó Class 23: Banda asignada a Dish Network en U.S.A (LTE en 2GHz).

BC25, LTE Band 25 ó Class 25: La banda LTE para Sprint (Carrier CDMA) en U.S.A, LTE en 1900MHz.

BC28, LTE Band 28 ó Class 28: Una banda más a 700MHz, pero al estilo Asia-Pacífico, que se pretende impulsar también en América Latina, conocida comúnmente como "Plan APT (Asia Pacific Telecommunity)" (APT en Modo FDD), o "Esquema A5". Otros países como Australia y Japón implementarán BC28 a partir del 2015.

Otras bandas LTE son BC11 (LTE en 1500 MHz, Japón), BC18 (otra banda LTE en 800 MHz, Japón), BC8 (LTE en 900MHz, próximamente en Europa, Japón,

América Latina), BC9 (LTE en 1700/1800), BC14 (otra banda LTE en 700MHz para U.S.A aún no explotada).

Todo lo descrito anteriormente se refiere a LTE-FDD; pero también existe otro modo de LTE: el LTE-TDD (bandas LTE a partir de la BC33), el cual es más económico ya que se usa un mismo canal para download y para upload, pero en cambio, el LTE-FDD (el LTE en las bandas BC1 a BC28) tiene mejor desempeño porque una banda LTE-FDD usa dos canales separados, uno para download y el otro para upload. Una banda importante en modo LTE TDD, sería la BC44 (700MHz en Plan APT, pero en contraparte de la BC28 que es FDD, la BC44 es en modo TDD).

En el LTE-TDD, estas bandas comienzan a partir de la BC33 y por lo pronto no hay dispositivos móviles comerciales en LTE-TDD; aunque sí hay planes para este LTE-TDD, principalmente en Asia y por parte de Clearwire en U.S.A, Brasil y alguno quizás en Latinoamérica.

Todas estas bandas también serán válidas para LTE-Advanced, LTE-Advanced es compatible con LTE; es decir que cuando se implementen las nuevas redes LTE-Advanced, los dispositivos LTE podrán funcionar sin problemas (salvo no poder usar el 100% de la capacidad de la nueva red); y viceversa (dispositivos LTE-Advanced en redes LTE). (Taringa, 2014)

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de las “Band Classes” en las que opera LTE en nuestro vecino país del sur.

Tabla 4. Band Classes para LTE en Costa Rica (Wikipedia, 2014)

Operator	Country	f (MHz)	Band	Duplex mode	Launch date Cat.3
Claro	 Costa Rica	1800	3	FDD	Apr 2014
ICE Celular (Kölbi)	 Costa Rica	2600	7	FDD	Nov 2013
Movistar	 Costa Rica	1800	3	FDD	Jul 2014

2.1.6.4 Requisitos del Sistema

LTE es la tecnología de acceso radio estandarizado por el 3rd Generation Partnership Project (3GPP) Release 8, es una evolución mejorada de GSM y WCDMA/HSPA y una parte integral del concepto de movilidad del 3GPP. Considerándolo estable y base para las implementaciones actuales.

Al inicio de la normalización de LTE se establecieron los requisitos de diseño del sistema, los mismos que se observan en el cuadro y se listan a continuación:



Figura 42. Principales requisitos definidos para el estándar. (Telefónica Investigación y Desarrollo, S.A. Unipersonal, 2010)

A los requisitos planteados en el cuadro se pueden agregar los siguientes:

- **Rendimiento medio por usuario**, para el enlace descendente (downlink – DL) debe ser 3 o 4 veces superior y para el enlace ascendente (uplink – UL) debe ser 2 o 3 veces mejor que el del Release 6.
- **Asignación de espectro**, puede operar en modo FDD y modo TDD.
- **Interconexión**, debe garantizar interconexión entre los diferentes sistemas existentes 3GPP y no-3GPP.
- **Coexistencia**, para la misma zona geográfica, entre operadores en bandas adyacentes y coexistencia de redes en zonas fronterizas. (Chimbo Rodríguez, 2014)

En las redes LTE/LTE-A el servicio MBMS (Servicios Multimedia Broadcast y Multicast) ofrece un modo de distribución punto-multipunto y se convierte en una alternativa valiosa a la unidifusión sobre todo cuando un gran número de usuarios acceden simultáneamente al mismo contenido. Por ejemplo, durante la transmisión en vivo de un programa de televisión la red tendría que enviar la misma cantidad de flujos de datos que el número de usuarios conectados. Con el servicio MBMS se hace más eficiente el uso del espectro disponible y reduce los costos por bit, puesto que el mismo flujo de datos se envía una sola vez a una gran cantidad de usuarios. El MBMS agrupa dos tipos de servicios: el primero es un servicio de difusión (broadcast) que es recibido por todos los usuarios ubicados en el área de cobertura del eNB, y el segundo un servicio multidifusión (multicast) únicamente recibido un grupo de usuarios. Y como se mencionó anteriormente, se espera la mejora de este servicio dando lugar a E-MBMS (Evolved Multimedia Broadcast Multicast Services). (Rueda Pepinosa, 2013)

2.1.6.5 Especificaciones de LTE

El encargado de la regulación, estandarización, y la descripción de este sistema fue la 3GPP. El proceso de transición llevado a cabo por la 3GPP en conjunto con organizaciones operadoras y proveedoras de sistemas móviles es llamado Long Term Evolution (LTE).

Las especificaciones generales que determino la 3GPP para el diseño de la red LTE se describen a continuación:

- Red simplificada sin división de dominios.
- Red unificadora con tecnologías previas.
- Red eficiente y automatizada.
- Velocidades de datos comparables con la banda ancha fija.
- La reducción de costos por bit en el tráfico.
- Mejor calidad y tipos de servicio.
- Ahorro de energía en los terminales móviles.

Las especificaciones de LTE para su implementación se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5. Características definitivas LTE (López Muñoz, 2011)

Espectro		1.25-20MHz
Modos Transmisión		FDD, TDD, Half-duplex FDD
Movilidad		hasta 350km/h
Acceso Radio	Downlink	OFDMA
	Uplink	SC-FDMA
MIMO	Downlink	2x2,4x2,4x4
	Uplink	1x2,1x4
Peak velocidad 20MHz	Downlink	173Mbps 2x2, 326Mbps 4x4
	Uplink	86Mbps 1x2
Modulación Adaptativa		QPSK, 16QAM y 64AM

LTE tiene un mejor desempeño al establecer una conexión en movimiento. A pesar de que el sistema está pensado para operar de forma óptima a

velocidades de 15km/h, el sistema es capaz de apoyar la movilidad hasta los 350km/h.

Con el objetivo de utilizar de mejor manera el espectro disponible, se ocupan distintos tipos de acceso de radio en el enlace ascendente y descendente, estos nuevos accesos permiten la flexibilidad en las bandas de frecuencia. Además incorpora el método de acceso MIMO, que logra aumentar la velocidad de transferencia dependiendo del número de antenas que se agreguen. (López Muñoz, 2011)

La siguiente tabla, muestra los picos (peak) de velocidad para distintas configuraciones posibles en el enlace ascendente y descendente. Es importante destacar que para el enlace ascendente siempre se ocupa una configuración MIMO 1x2, es decir, que el terminal móvil transmite por una sola antena dos canales y la estación base recibe la información de dos canales por dos antenas.

Tabla 6. Velocidades máximas en el uplink y downlink en modo FDD para distintas configuraciones (López Muñoz, 2011)

FDD downlink	Configuración antena	1x1	2x2	4x4
con 64QAM	Velocidad máxima	100Mbps	172,8Mbps	326,4Mbps
FDD uplink	Tipo modulación	QPSK	16QAM	64QAM
con SISO	Velocidad máxima	50Mbps	57,6Mbps	86,4Mbps

El sistema permite velocidades máximas de bajada de datos a 326 Mbps con una configuración MIMO 4x4 en la banda de 20MHz. Para el enlace ascendente la velocidad máxima bordea los 86 Mbps en la banda de 20MHz. Además de las mejoras de la velocidad máxima de transmisión, el sistema LTE ofrece dos a cuatro veces mayor eficiencia en las celdas del espectro en relación con la tecnología UMTS, esta mejora se ve reflejada en rendimiento. El rendimiento corresponde al volumen de información o tráfico que fluye a través de las redes de datos como la banda ancha móvil. Es un índice que indica los niveles de

eficiencia de las redes. En particular el rendimiento corresponde a la relación entre cantidad de paquetes que pasan por un punto y que se han transmitido con éxito, es decir, es una relación entre el tráfico efectivo y el tráfico total (que incluye las retransmisiones por errores o interferencias).

En cuanto a la latencia, la interfaz de radio de LTE proporciona retardos menores a 10ms para la transmisión de un paquete de la red al terminal móvil (muy por debajo de los 50ms de HSPA+). Permitiendo una experiencia de usuario con mayor capacidad de respuesta y así promoviendo el desarrollo de servicios interactivos y en tiempo real, como por ejemplo videoconferencias o juegos en línea.

LTE también entrega mayores áreas de cobertura en comparación a su sistema predecesor. Una celda LTE ofrece un rendimiento óptimo para un radio de hasta 5km, un rendimiento efectivo para un radio de hasta 30km y rendimiento limitado en torno a 100km.

Gracias a este aumento de las capacidades de cobertura la planificación de las redes es mucho más flexible y de menor costo ya que requiere una menor cantidad de estaciones bases para cubrir un área. (López Muñoz, 2011)

2.1.6.6 Aspectos del Sistema

Aplicaciones soportadas

La implementación de LTE es necesaria para proporcionar a los suscriptores una experiencia de usuario muy similar a lo que tenemos en casa con conexiones xDSL o cableadas.

- High Definition (HD) video streaming.
- Video Blogging.
- Videoconferencia.
- Sincronización con otros dispositivos.

- Web en tiempo real.
- Juegos en línea en tiempo real.
- Aplicaciones P2P. (Muñoz, Lara, & León, 2014)

2.1.6.7 Ventajas y Desventajas de LTE

Lo que un propietario de un teléfono inteligente realmente necesita conocer, es la repercusión de estas redes LTE en el servicio que le presta su compañía operadora y cuáles son los beneficios de contar con un smartphone que tenga acceso a este tipo de conexión inalámbrica. Aquí presentamos algunas de sus ventajas:

- LTE proporciona velocidades (teóricas) máximas de bajada alrededor de 100 Mbps, aunque los operadores garantizan entre los 20 y los 60 Mbps, ya que de inicio su uso puede estar limitado a operadores y grandes núcleos urbanos y puede que los habitantes rurales tarden en ver la cobertura normalizada. Mientras la velocidad de subida anda alrededor de los 50 Mbps.
- Asegura a los usuarios soporte necesario para la movilidad y compatibilidad entre los sistemas, (conectividad con otras redes), con lo cual se podrá utilizar el servicio de banda ancha en cualquier momento y lugar. Es decir, que los celulares de tecnologías anteriores puedan utilizar este estándar.
- Otorga a todo smartphone con acceso a redes LTE la posibilidad de conectarse desde y en cualquier país del mundo a velocidades similares y en algunos casos superiores a las que tiene la banda ancha tradicional.



- Capacidad para efectuar, sin ningún tipo de cortes, videoconferencias y videollamadas con imagen y sonido de alta calidad, así como también realizar transmisiones en vivo y directo.
- Los smartphones compatibles con LTE te permiten compartir datos multimedia de alta definición.
- Gracias a estas redes de alta velocidad disfrutarás aún más de los juegos en red, con mejor definición y mayores propiedades.
- Ver televisión en high definition en 3D o escuchar las radios de Internet donde quiera que estemos, sin depender de una red wifi, son posibilidades ciertas con las LTE, porque tendremos en el teléfono un nivel de conexión superior al del router.
- Esta tecnología también permite hacer streaming en alta definición y en tiempo real, sin interrupciones ni tiempo de espera por el buffer. Por ejemplo, los videos de YouTube podrán visualizarse con mayor calidad. (ABOUT.COM, 2014)

Desventajas de LTE

Actualmente, hay una gran cantidad de países que poseen operadores con tecnología 3G y/o posteriores. Sin embargo, y si se siguen los caminos correctos, la adopción masiva de un nuevo estándar 4G no podrá realizarse hasta que el proceso cumpla con las normas impuestas por la UIT y los proveedores hayan comenzado a recuperar las inversiones realizadas hasta hoy en tecnología 3G y/o posteriores. Además la implementación de LTE requiere que las operadoras inviertan en infraestructuras, lo que podría retrasar este proceso.

Por otro lado, mientras haya pocos usuarios de LTE, los precios de los servicios pueden ser demasiado altos, lo que podría hacer que este tipo de tecnología sea prescindible, si no se necesita utilizar los servicios de datos en el móvil.

En cuanto a los dispositivos finales, en la actualidad hay muchos dispositivos HSPA, pero que también son compatibles con LTE, tales como Smartphones, tablets y módems, pero conforme se avance en el desarrollo de las redes LTE las empresas se dedican a especializar sus dispositivos para este tipo de tecnología, y estos dispositivos deberán ser comercializados en los países que cuenten con redes LTE. Pero puede que en un inicio los precios de los dispositivos LTE sean elevados.

Finalmente quizás el principal problema es que en algunos países tardará mucho en implantarse, debido a la diferencia económica entre un país y otro, de la mano de algunos otros factores antes mencionados.

Se pretende que todas estas desventajas desaparecerán con el tiempo, como ha ocurrido en el caso del 3G. Pero el proceso de adaptación y de paso de un sistema a otro puede alargarse innecesariamente, en algunos casos. (Chimbo Rodríguez, 2014)

2.1.7 LTE Advanced

Entre los requisitos de la IMT-Advanced (encargada de determinar lo que debería ser una tecnología móvil de cuarta generación (4G)), había uno muy claro:

Velocidades máximas de transmisión de datos mejoradas para admitir aplicaciones y servicios avanzados (como objetivo a los efectos de la investigación, se han establecido velocidades de 100 Mbit/s para una movilidad alta y de 1 Gbit/s para una movilidad baja)

A partir de ahí se empezó a estudiar qué tecnologías podían ser candidatas a llevar la etiqueta 4G. Igual que la ITU definió lo que era una tecnología 3G, ahora define lo que es una tecnología 4G.

LTE es un estándar creado por el 3GPP, el mismo organismo que creó GSM y UMTS. Es decir, es un estándar europeo de telefonía móvil celular. Los primeros trabajos para definir LTE comenzaron en 2005. La razón oficial de la existencia de LTE es el intento de unificar los distintos estándares 3G existentes hasta la fecha y superar las limitaciones que ofrece UMTS para crecer en velocidad.

LTE cambia completamente la tecnología radio respecto a UMTS y logra velocidades mucho más altas a costa de usar mayor espectro, pero también con mayor eficiencia espectral. La primera red comercial LTE se lanzó a finales de 2009, es decir, cuando el grupo IMT-Advanced estaba formado pero antes de que publicara sus conclusiones (principios de 2012). Aun así por esa época estaba claro que LTE no cumplía los requisitos necesarios para ser 4G según la definición del ITU. No sólo por los requisitos preliminares que se fijaron al crearse el IMT-Advanced sino por las eficiencias espectrales que se pedían en las definiciones más técnicas de lo debía ser una tecnología de 4G. (Nieto, 2014)

Se pretende que LTE Advanced sea compatible con terminales LTE. Es decir, si el usuario tiene un móvil LTE (por cierto, existen actualmente pocos en el mercado, aunque tiene lógica porque no muchas hay redes comerciales disponibles) se podría conectar a LTE Advanced sin problemas, sólo que con menos capacidad. Es decir, LTE Advanced es a LTE como HSPA+, HSUPA, HSDPA a UMTS, extensiones pero que no causan incompatibilidades. (Montealegre Alfaro, Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

LTE Advanced, cumple lo que fija el IMT-Advanced

El 3GPP no crea unos estándares cerrados, éstos están en continua evolución. Por ejemplo, UMTS ha evolucionado para tener más velocidad de transmisión con HSDPA, HSUPA y HSPA+ (esto lo vemos cuando en nuestro móvil pone el símbolo H, H+ o 3G+). Los estándares del 3GPP van en forma de *releases*. Un operador tiene sus estaciones base en una *release* determinada, y los terminales que salen al mercado cumplen con estas *releases*.

LTE empezó en *Release* 8, que tiene extensiones de GSM, UMTS e introduce LTE. Pero el 3GPP siempre está trabajando más allá. En la *Release* 10, crea unas extensiones para LTE denominadas LTE Advanced, con el objetivo de cumplir los requisitos de IMT-Advanced.

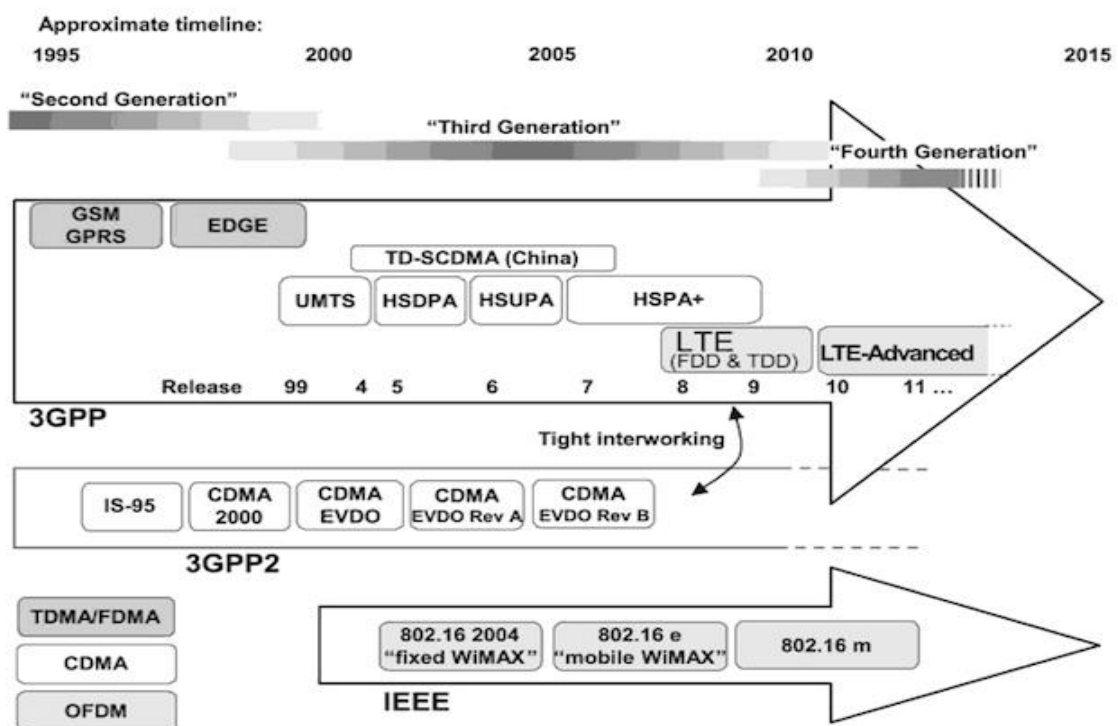


Figura 43. Evolución de las tecnologías de comunicaciones móviles. (Nieto, 2014)

Es decir, LTE no cumple con lo que dice IMT-Advanced y por tanto no puede ser categorizada como una tecnología de telefonía móvil de cuarta generación (4G). Más bien como una tecnología de 3G muy avanzada (siguiendo con la nomenclatura que dice que HSPA es 3,5G, podríamos decir que LTE es 3,99G). Para tener una tecnología 4G deberíamos tener LTE Advanced.

Pero entonces, ¿por qué algunas empresas anuncian su red LTE como 4G? Bueno, por dos motivos. El primero, porque vende mucho más. Es cierto que el cambio de tecnología de UMTS a LTE es espectacular. Y eso hay que venderlo, y vende mucho más decir 4G que decir LTE, tiene más nombre. Pero hay un segundo motivo, también importante: porque pueden. El IMT-Advanced decidió permitir que los candidatos a ser evolucionados a 4G, como LTE, pueden publicitarse como 4G. Por tanto en todo el mundo vemos hablar de LTE como 4G. Y curiosamente se está empezando a hablar de LTE Advanced como 4G+.

Pero ¿Qué más da si LTE es 3.99G o 4G? Lo que está claro es que es una evolución muy importante y que al final se extenderá a LTE Advanced que sí que cumple los requisitos del IMT-Advanced. (Nieto, 2014)

La fuerza motriz para desarrollar LTE hacia LTE-Advanced, LTE Release10 era ofrecer mayores tasas de bits de una manera rentable y, al mismo tiempo, cumplir completamente los requisitos establecidos por la UIT para la IMT avanzada, también conocida como 4G.

- El aumento de la velocidad de datos máxima, DL 3 Gbps, UL 1.5 Gbps.
- Eficiencia espectral superior, de un máximo de 16bps/Hz en R8 a 30 bps / Hz en R10.
- Aumento del número de abonados activos simultáneamente.
- Mejora del rendimiento en los bordes de celda, por ejemplo, para DL 2x2 MIMO al menos 2,40 bps / Hz / célula.

Lo primero que cabe decir de las mejoras introducidas por el 3GPP en la interfaz radio es que están orientadas a conseguir una compatibilidad “hacia atrás”. Esto es, a permitir que un terminal LTE-A pueda funcionar cuando se conecte a una red de versiones anteriores.

Las principales nuevas funcionalidades introducidas en LTE-Advanced son: Carrier Aggregation (CA), mayor utilización de Técnicas de Múltiples Antenas (MIMO) y el apoyo a los Nodos de Retransmisión (RN). (Wannstrom, 2014)

2.1.7.2 Carrier Aggregation (Agregación de Portadoras)

La forma más directa para aumentar la capacidad es agregar más ancho de banda. Dado que es importante mantener la compatibilidad con los móviles de R8 y R9, el aumento de ancho de banda en LTE-Avanzada se proporciona a través de la agregación de portadoras de R8/R9 (respetando la estructura definida por las versiones 8/9, como garantía de la compatibilidad hacia atrás). La agregación de portadora puede ser utilizada tanto para FDD y TDD.

Cada portadora agregada se conoce como una Portadora Componente. La portadora componente puede tener un ancho de banda de 1,4, 3, 5, 10, 15 o 20 MHz y se puede agregar un máximo de cinco portadoras componentes. Por lo tanto el ancho de banda máximo es de 100 MHz. El número de portadoras agregadas puede ser diferente en DL y UL, sin embargo el número de portadoras componentes UL nunca es mayor que el número de portadoras componentes DL.

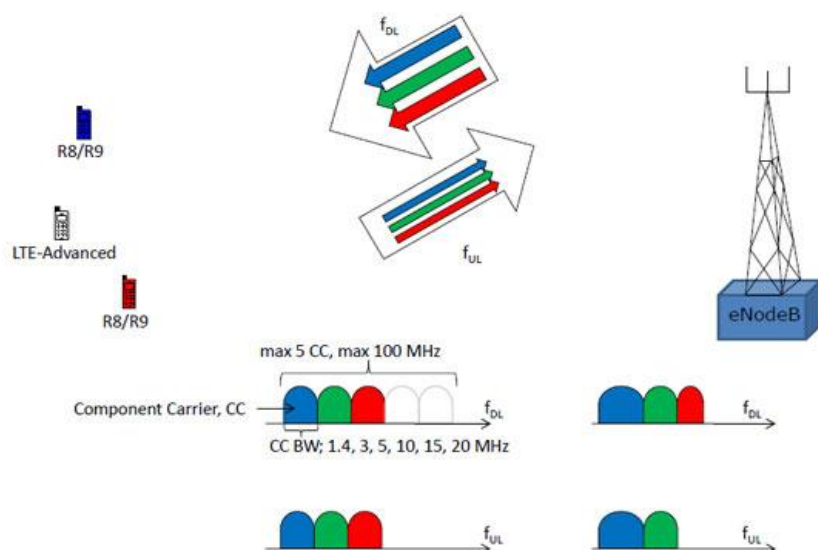


Figura 44. Agregación de Portadoras (Carrier Aggregation) – FDD.

(Wannstrom, 2014)

A los Equipos de Usuario (UE) R10 se les puede asignar recursos DL y UL de hasta cinco portadoras componentes (CC). A los Equipos de Usuario R8/R9 se les puede asignar recursos en cualquiera de las portadoras componentes. Las portadoras componentes pueden ser de diferentes anchos de banda.

Por razones prácticas, diferentes configuraciones de agregación de portadora son especificadas, por ejemplo, combinaciones de banda de trabajo E-UTRA y el número de portadoras componentes, son introducidos en pasos. En R10 hay dos portadoras componentes en el DL y sólo una en el UL (por lo tanto no hay agregación de portadoras en el UL), en R11 hay dos portadoras componentes en el DL y uno o dos portadoras componentes en el UL, cuando se usa agregación de portadoras.

La forma más fácil para organizar la agregación es el uso de portadoras componentes contiguos dentro de la misma banda de frecuencia de funcionamiento (tal como se define para LTE), llamado contiguos dentro de la

banda (intra-band, contiguous). Esto no siempre es posible, debido a los escenarios de asignación de frecuencias. Para la asignación no contigua, sería intra-banda (intra-band, non- contiguous), es decir, las portadoras componentes pertenecen a la misma banda de frecuencia de funcionamiento (por ejemplo, la banda de 2600 MHz), pero están separados por un espacio de frecuencia, o podrían ser entre-banda (inter-band, non- contiguous), en cuyo caso las portadoras componentes pertenecen a diferentes bandas de frecuencia de operación (por ejemplo, de las bandas de 2600 y 800 MHz), véase la siguiente figura.

En cualquier caso, es interesante señalar que la norma establece que el procesamiento de capa física (generación de la señal OFDM, DFT, codificación y HARQ) se realice independientemente para cada componente, de forma separada a la de las demás. Cabe preguntarse también si la señalización de control se trata de la misma manera; es así por defecto, efectivamente, pero el estándar deja la opción de recurrir a la denominada planificación interportadoras (cross-carrier scheduling), conforme la cual el control se puede transmitir por otra componente diferente de aquella a la que se refiere. (Wannstrom, 2014)

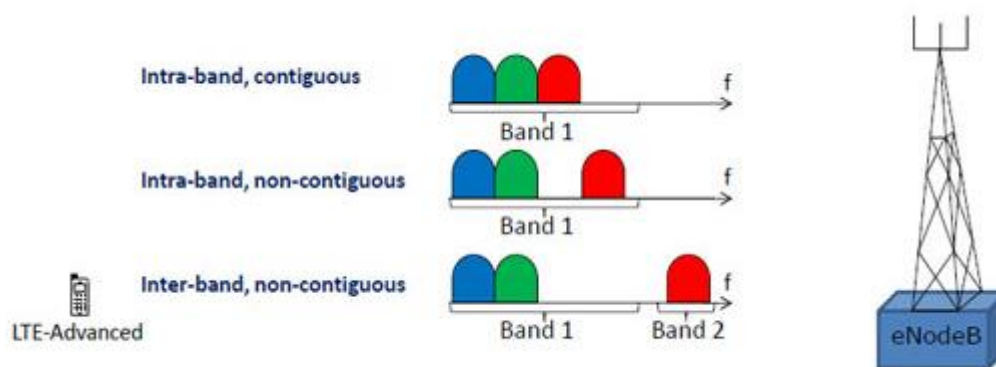


Figura 45. Agregación de Portadoras (CA) - Alternativas de banda INTRA e INTER. (Wannstrom, 2014)

Cuando se utiliza la agregación de portadoras, hay un número de celdas de servicio correspondiente a cada portadora componente. La cobertura de las celdas de servicio puede ser diferente, por ejemplo, debido a las frecuencias de las portadoras componentes.

Adicionalmente, un problema que puede plantear la agregación de portadoras, es la necesidad para el terminal de mantener activa la recepción en varias componentes, con el consiguiente gasto de batería. Para evitar esto, se define lo que se conoce como componente primaria (DL y UL PCC), que es aquella en la que el terminal mantiene la recepción de manera estable, mientras que el resto de componentes se clasifican como secundarias (DL y posiblemente UL SCC). Una componente secundaria se activa solamente cuando es necesario desde la subcapa MAC, que es común a todas las componentes, obviamente. De igual manera, en el enlace de subida el terminal envía la información hacia la red por la componente primaria.

La celda de servicio que corresponde a la Componente Primaria es la encargada de manejar la conexión RRC (Control de Recursos de Radio).

En el ejemplo entre-banda de Agregación de Portadoras (CA) mostrado en la siguiente figura, la agregación de portadoras en las tres portadoras componentes sólo es posible para el Equipo de Usuario (UE) negro, el UE blanco no está dentro del área de cobertura de la portadora componente rojo. (Wannstrom, 2014)

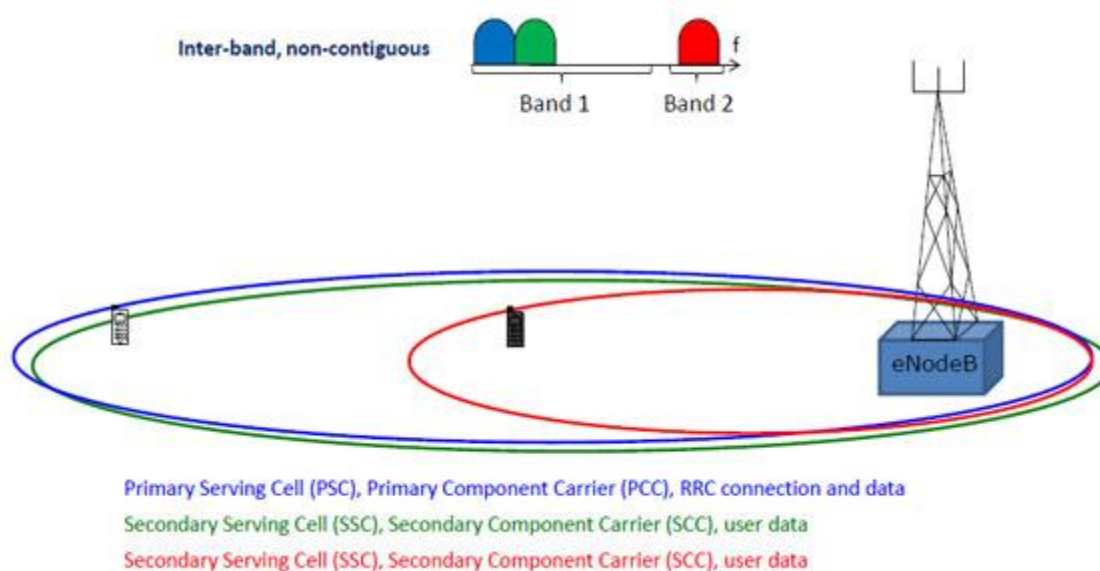


Figura 46. Agregación de Portadoras (CA); Celdas de Servicio (Serving Cells). (Wannstrom, 2014)

2.1.7.3 MIMO, Multiple Input Multiple Output - Multiplexación Espacial

MIMO se utiliza para aumentar la tasa de bits global a través de la transmisión de dos (o más) corrientes diferentes de datos en dos (o más) antenas diferentes, que utilizan los mismos recursos, tanto en frecuencia y tiempo, separados sólo por el uso de las diferentes señales de referencia, que se reciben por dos o más antenas.

MIMO – Spatial Multiplexing (2x2)

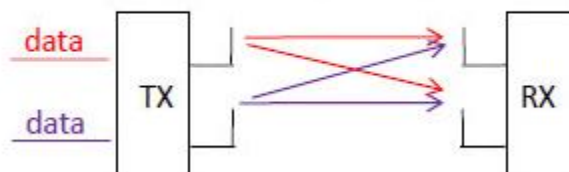


Figura 47. Ilustración simplificada de MIMO 2x2 (multiplexación espacial). (Wannstrom, 2014)

Uno o dos bloques de transporte son transmitidos por TTI (Transmission Time Interval). Un cambio importante en LTE-Advanced es la introducción de MIMO 8x8 en la DL y 4x4 en la UL.

MIMO se puede utilizar cuando S/N (señal a ruido) es alto, es decir, de alta calidad del canal de radio. Para situaciones con baja S/N , es mejor utilizar otros tipos de técnicas de múltiples antenas para mejorar la S/N , por ejemplo, por medio de TX-diversidad, vea la siguiente figura.

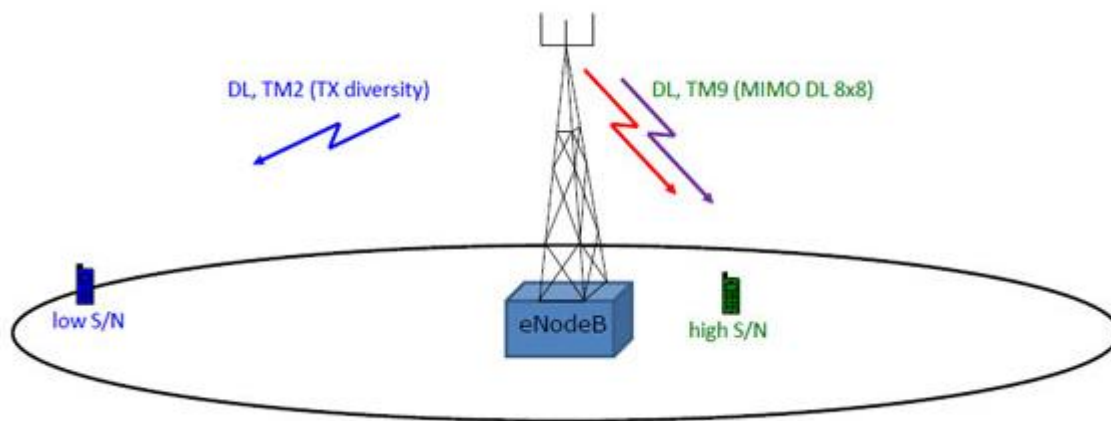


Figura 48. MIMO es recomendado para alta S/N y TX diversidad es preferiblemente usado para escenarios de baja S/N . (Wannstrom, 2014)

Para ser capaz de ajustar el tipo de esquema de transmisión de múltiples antenas, de acuerdo al medio ambiente de radio, un número de diferentes modos de transmisión (TM) ha sido definido. El UE a través de señalización RRC será informado sobre el modo de transmisión a utilizar. En la DL hay nueve modos de transmisión diferentes, donde TM1-7 se introdujeron en R8, TM8 se introdujo en R9 y TM9 se introdujo en R10. En la UL hay TM1 y TM2, donde TM1, por defecto se introdujo en el R8 y TM2 se introdujo en R10. Los diferentes modos de transmisión difieren en:

- Número de capas (flujos o rango).
- Puertos de la antena utilizados.
- Tipo de señal de referencia, señal de referencia específica de la célula (CRS) o señal de referencia de demodulación (DM-RS), introducido en R10.
- Tipo de Precodificación.

A través de la introducción de TM9 DL está soportado MIMO 8x8, y a través de la introducción de TM2 UL el uso de 4x4 MIMO UL está habilitado. Naturalmente, también se requiere que el UE soporte esto. En R10 tres nuevas categorías de UE se introducen, categoría 6, 7 y 8, donde el UE categoría 8 es compatible con el máximo número de CC y multiplexación espacial 8x8.

En las técnicas de múltiples antenas, la precodificación se utiliza para asignar los símbolos de modulación en las diferentes antenas. El tipo de precodificación depende de la técnica de múltiples antenas utilizada, así como del número de capas y el número de puertos de antena. El objetivo con la precodificación es lograr la mejor recepción posible de datos en el receptor.

Tenga en cuenta que la señal se verá influenciada por desvanecimiento de varios tipos, que también se puede ver como algún tipo de codificación causado por el canal de radio. Para manejar esto, señales de referencia conocidas serán transmitidas junto con los datos, y utilizadas por el receptor para la demodulación de la señal recibida.

En R8 la señal de referencia se añade a la señal después de la precodificación, una CRS (señal de referencia de celda específica) por antena. A partir de las CRS recibidas la UE estima como el canal de radio influencia la señal. El uso de estas junto con el conocimiento acerca de la precodificación basada en el libro

de códigos utilizado, el UE puede demodular la señal recibida y regenerar la información enviada.

En R10 las DM-RSs (Señales de referencia de demodulación) se añaden a los diferentes flujos de datos antes de precodificación. El conocimiento de la señal de referencia proporcionará información acerca de la influencia combinada del canal de radio y de la precodificación, no se requiere ningún conocimiento previo sobre el precodificador por el receptor, este caso se conoce como precodificación no basado en libro de códigos, véase la siguiente figura.

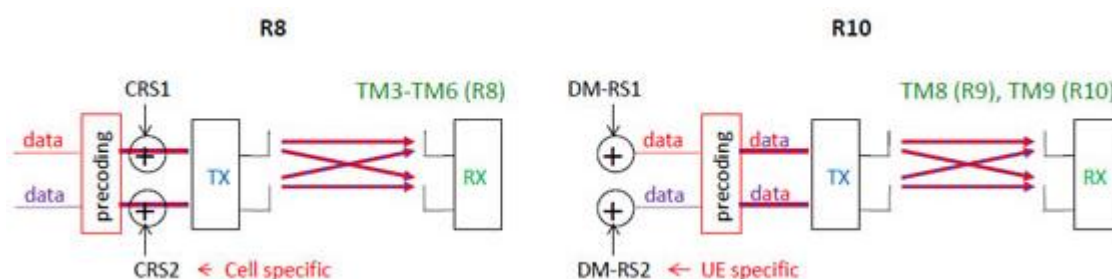


Figura 49. MIMO DL con precodificación y señal de referencia de demodulación en R8 y R10. (Wannstrom, 2014)

CRS es una señal de referencia de celdas específicas, DM-RS es una señal de referencia de UE específica, también específica por flujo de datos. (Wannstrom, 2014)

2.1.7.4 Relay Nodes (Nodos de Retransmisión)

En LTE-Avanzada, la posibilidad de una eficiente planificación de red heterogénea, es decir, una mezcla de células grandes y pequeñas, se incrementa por la introducción de nodos de retransmisión (RN). Los nodos de retransmisión son estaciones base de baja potencia que proporcionarán mayor cobertura y capacidad en los bordes de las células, y las áreas de punto caliente y también pueden ser utilizado para conectar áreas remotas sin conexión de

fibra óptica. El nodo de retransmisión está conectado al Donor eNB (DeNB) a través de una interfaz de radio, Un, que es una modificación de la interfaz de aire de E-UTRAN, Uu. Por lo tanto, en la Donor Cell los recursos de radio son compartidos entre los UEs atendidos directamente por el DeNB y los nodos de retransmisión. Cuando Uu y Un usan diferentes frecuencias, el nodo de retransmisión es referido como un RN tipo 1a, para RN tipo 1 Uu y Un utilizan las mismas frecuencias, véase la siguiente figura. En este último caso hay un alto riesgo de auto interferencia en el nodo de retransmisión, cuando recibe en Uu y transmite en Un al mismo tiempo (o viceversa). Esto se puede evitar mediante el intercambio de tiempo entre Uu y Un, o teniendo diferentes ubicaciones del transmisor y el receptor. El RN será en gran medida compatible con las mismas funcionalidades que el eNB, sin embargo el DeNB será responsable de la selección MME (Mobile Management Entity).

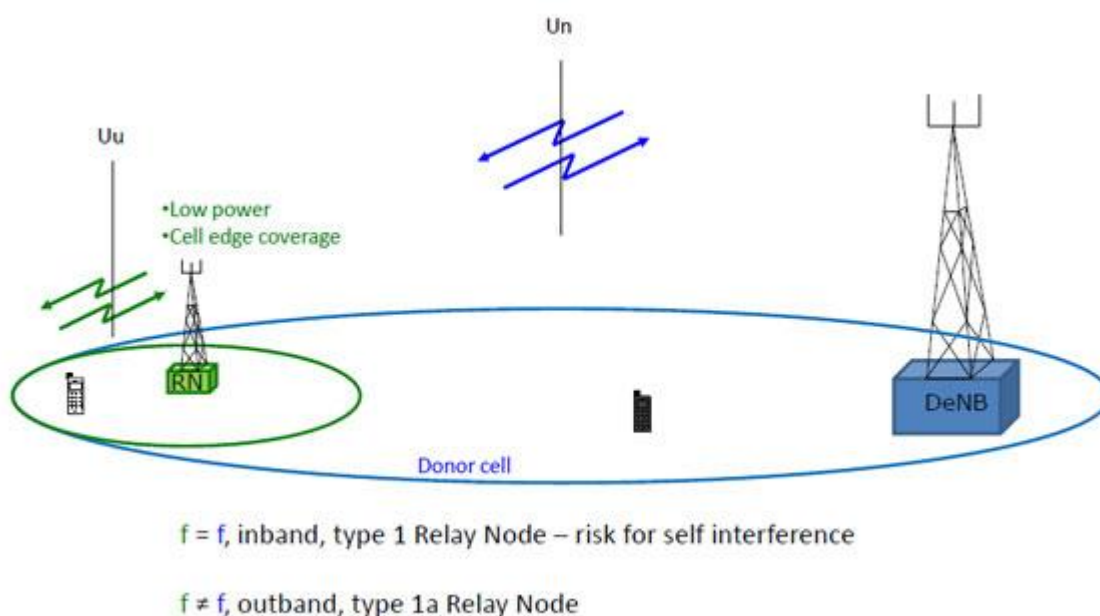


Figura 50. El nodo de retransmisión (RN) está conectado a la DeNB a través de la interfaz de radio Un. (Wannstrom, 2014)

Los UEs en el borde de la Donor Cell están conectados a la RN a través de Uu, mientras que los UE más cerca de la DeNB están conectados directamente a la DeNB a través de la interfaz Uu. Las frecuencias utilizadas en Un y Uu pueden ser diferentes, fuera de banda, o la misma, dentro de banda. En el caso dentro de banda hay riesgo de auto interferencia en la RN. (Wannstrom, 2014)

2.1.7.5 Operación multipunto coordinada (COMP) - R11

LTE-Advanced sigue evolucionando. Se agregan nuevas configuraciones de CA (las adiciones de nuevas bandas de CA no están ligadas a versiones específicas) hay nuevas características introducidas en las próximas versiones de las especificaciones 3GPP, como Coordinada multipunto (CoMP) introducida en el R11.

La principal razón para introducir CoMP es mejorar el rendimiento de la red en los bordes de las celdas. En CoMP una serie de puntos de transmisión (TX-points) proporcionan una transmisión coordinada en la DL, y una serie de puntos de recepción (RX-points) proporcionan recepción coordinada en la UL. Un TX/RX point constituido por un conjunto de antenas de TX/RX co-localizadas proporciona cobertura en el mismo sector.

El conjunto de TX/RX points utilizados en CoMP puede estar en distintos lugares, o co-localizados, pero proporcionando cobertura en diferentes sectores, también pueden pertenecer a la misma o diferentes eNBs. CoMP se puede hacer en un número de maneras, y la coordinación se puede hacer tanto para redes homogéneas, así como redes heterogéneas. En la siguiente figura se muestran dos ejemplos simplificados para DL CoMP. En ambos casos los datos DL están disponibles para la transmisión desde dos TX-points. Cuando dos, o más, TX-points, transmiten en la misma frecuencia en el mismo bastidor auxiliar, se llama Transmisión Conjunta. Cuando los datos están disponibles para la

transmisión en dos o más TX-points, pero sólo está programada de un TX-point en cada bastidor auxiliar se llama Selección Dinámica de Punto.

UL CoMP es ejemplo de Recepción Conjunta, hay un número de RX-points que reciben los datos UL de un UE, y los datos recibidos se combinan para mejorar la calidad. Cuando los TX/RX points son controlados por diferentes eNB se podría añadir retardo adicional, ya que los eNB deben comunicarse, con el fin de tomar decisiones de programación.

Cuando se utiliza CoMP, los recursos de radio adicionales para la señalización son necesarios por ejemplo para proporcionar información de programación de UE para los distintos recursos DL / UL. (Wannstrom, 2014)

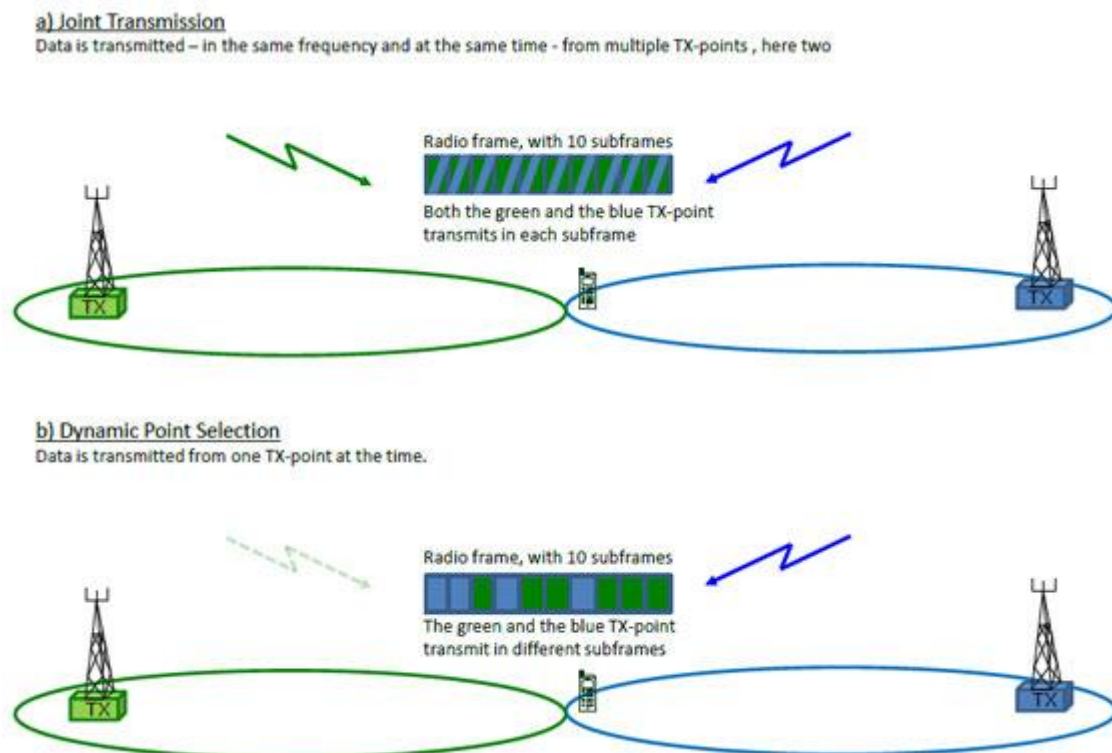


Figura 51. DL CoMP a) Transmisión Conjunta. b) Selección Dinámica de Punto). (Wannstrom, 2014)

2.2 Tendencias y perspectivas de LTE

La digitalización constituye una de las principales causas para la convergencia tecnológica, es por ello que se percibe dentro de poco se encuentre operativa en su totalidad las redes 4G proveyendo banda ancha con movilidad al mismo tiempo que los terminales móviles vienen adquiriendo diferentes funciones y prestaciones visualizando una conectividad inalámbrica integrada por una cantidad infinita de dispositivos.

Actualmente la cantidad de empresas de telecomunicaciones que están ofreciendo un servicio de tecnología LTE 4G cada vez son más, lo cual las ubica en un entorno más competitivo y las obliga a contar con software para la gestión de los servicios que hemos estado abordando y otros complementarios. Al ser un sistema completamente convergente y multiservicios logra soportar la operación de una empresa de telecomunicaciones con una red LTE 4G y permite incorporar en la oferta comercial de un cliente no solo el internet LTE 4G, sino toda una gama de nuevos servicios de valor agregado que se pueden ofrecer a partir de esta revolucionaria tecnología de transmisión de datos móviles.

América Latina cuenta con cinco redes comerciales LTE en la región incluyendo UNE (Colombia), Antel (Uruguay), SKY (Brasil), Claro (Puerto Rico) y Open Mobile (Puerto Rico), y ya hay algunas otras importantes empresas que se perfilan para lanzar LTE próximamente incluyendo Entel (Chile), Telecom (Argentina), Movilmax (Venezuela), Digicel (Caribe), Maravédis. Se espera que dicha tecnología pueda llegar a tener 90 millones de usuarios que utilizan el estándar 4G a finales de este año y mil millones para el año 2017, esto hará que la red 4G LTE sea la tecnología inalámbrica más rápida adoptada hasta el momento dando lugar a un nuevo paradigma para la comunicaciones inalámbricas, es por eso la importancia de tomar en cuenta el despliegue de

estas redes LTE y la inmersión de las mismas en otras regiones del mundo, haciendo accesible esta tecnología al usuario final.

De 0 a 80 en cuatro años

Mientras que en 2008 todavía se efectuaba la prueba de campo, a finales de 2009 las primeras redes LTE del mundo ya realizaban operaciones comerciales en Suecia y Noruega. En 2010 se incorporaron Estados Unidos, Hong Kong, Japón y unos pocos países más. Mientras tanto, LTE se expande a un ritmo tan increíble que en todo el mundo ya existen más de 80 redes de este tipo. Solo en el segundo trimestre de 2012, se crearon 20 redes. Por primera vez, las redes 4G superaron en número a las 3G.

Hambre de datos

Al contrario que los antiguos "teléfonos con funciones", los smartphones ya no se utilizan tan solo para hacer llamadas o enviar mensajes de texto cortos. Hoy en día, las aplicaciones para móviles, las descargas de contenido multimedia y el contacto con los amigos a través de redes sociales constituyen los usos más habituales. Pero los dispositivos móviles no se limitan a los smartphones. El número de tabletas, llaves USB, routers 3G y módulos M2M no deja de crecer a gran velocidad. Entretanto, se han registrado casi tantas suscripciones como personas en el mundo y en 2013 esta cifra superó los siete mil millones, por encima de la población mundial.

No es de extrañar que todos estos aparatos consuman más datos que nunca. Es lógico que la existencia de conexiones móviles permanentes tenga repercusiones sobre las redes. Solo puede saberse hasta qué punto es así analizándolo con detalle. Según las estimaciones realizadas por Gartner, Inc indican que la transferencia de datos por dispositivos móviles prácticamente se ha doblado solo de 2011 a 2012, una tasa de crecimiento que se mantendrá durante los próximos cinco años.

El auge de terminales compatibles con LTE

En los próximos años, cada vez se comercializarán más terminales ávidos de datos que serán compatibles con la tecnología LTE, con frecuencia denominada "turbo Internet" (Internet de alta velocidad). Según la asociación mundial de proveedores de dispositivos móviles (GSA), a mediados de 2012 ya había más de cuatrocientos modelos de dispositivos compatibles con LTE, entre los cuales se cuentan numerosos smartphones, tabletas, llaves USB y routers.

Todo ello repercute en las redes de los operadores de telefonía móvil: en la actualidad, dichas redes deben transmitir cien veces más datos que hace cinco años, pero este crecimiento todavía no ha llegado, ni mucho menos, a su punto máximo. La creación de redes LTE es la respuesta a este desarrollo. La red de telefonía móvil de cuarta generación permite a los operadores de telefonía móvil crear la autopista de datos que necesitan. Asimismo, deben asegurarse de que todos los dispositivos móviles se administren con eficiencia en su red correspondiente.

La instalación de las redes de 4G LTE en América Latina es una tendencia que crece desde Diciembre 2011 la cual permitirá potenciar la comunicación móvil de datos. (G & D, 2014)

2.2.1 Desarrollo de LTE en América Central

América Central reporta una penetración móvil de 125%, mayor al 119% que se observa en América Latina al cierre de 2013. En El Salvador y Guatemala la penetración es de 138%, en Costa Rica 128% y en Panamá 180%. Mientras tanto, en Honduras y Nicaragua todavía no se sobrepasa el 100%, aunque podrían hacerlo en el transcurso del 2014.

Actualmente las conexiones móviles en América Central emplean en su mayoría tecnologías 3GPP tales como GSM, HSPA y LTE. Por el momento, HSPA y HSPA+ son el fuerte de la banda ancha móvil para estos sectores, no hasta

hace poco, Abril 2014, Costa Rica es el líder regional en 4G y consumo de datos mediante dispositivos móviles y red 4G ya que Claro dio inicio con el servicio de la tecnología 4G LTE para celulares. América Móvil (Claro) y Telefónica (Movistar) concuerdan en que Costa Rica es el país con el mayor tráfico de datos de América Central, esto sucede porque es el único país que no cobra por descarga de datos, sino por la velocidad que ofrecen los proveedores. (CentralAmericaData.com, 2014)

En El Salvador hacen lanzamiento del servicio de Digicel de la tecnología HSPA+ que forma parte de un plan de inversiones en el que invertirán \$45 millones para modernizar la infraestructura tecnológica. En el primer año de ejecución del Plan Maestro de Inversiones 2013-2015 se invirtieron \$30 millones, y los restantes \$15 millones serán invertidos en los próximos dos años. (CentralAmericaData.com, 2014)

En Nicaragua, después de que Telecom Xinwei obtuviera la concesión comenzó a importar los equipos necesarios para prestar servicios de telefonía fija, celular e internet, se espera inversión por parte de la empresa china de al menos 700 millones de dólares para instalarse como empresa inicialmente y luego prestar servicio de la tecnología 4G. (CentralAmericaData.com, 2014)

Se conoce que Costa Rica implementó un Punto de Intercambio Neutro de Internet, concepto que podría extrapolarse a toda la región para disminuir costos de operación y aumentar las velocidades de conexión.

Es innecesario explicar las ventajas para el desarrollo económico de un mayor uso de Internet, lo que depende siempre de los costos asociados. La integración de la conectividad a Internet mediante los llamados puntos de intercambio de tráfico (IXP), debiera ser un tema a incorporar en las estrategias para la integración centroamericana.

"Un punto neutro (en inglés IXP, Internet Exchange Point, también llamados NAP (Network Access Point, Punto de Acceso a la Red)) es una infraestructura física a través de la cual los proveedores de servicios de Internet (PSI) intercambian el tráfico de Internet entre sus redes. Esta instalación reduce la porción del tráfico de un PSI que debe ser entregado hacia la red, lo que reduce el costo promedio por bit de la entrega de su servicio. Además, el aumento del número de rutas 'aprendidas' a través del punto neutro mejora la eficiencia de enrutamiento y la tolerancia a fallos.

El propósito principal de un punto neutro es permitir que las redes se interconecten directamente, a través de la infraestructura, en lugar de hacerlo a través de una o más redes de terceros. Las ventajas de la interconexión directa son numerosas, pero las razones principales son el coste, la latencia y el ancho de banda. El tráfico que pasa a través de la infraestructura no suele ser facturado por cualquiera de las partes, a diferencia del tráfico hacia el proveedor de conectividad de un PSI. La interconexión directa, a menudo situada en la misma ciudad que ambas redes, evita la necesidad de que los datos viajen a otras ciudades (potencialmente hacia otros continentes) para pasar de una red a otra, lo que reduce la latencia. La tercera ventaja, la velocidad, es más notable en las áreas que tienen poco desarrolladas las conexiones de larga distancia. Los PSI en estas regiones podrían tener que pagar entre 10 o 100 veces más por el transporte de datos que los PSI en América del Norte, Europa o Japón. Por lo tanto, estos PSI tienen normalmente conexiones más lenta y limitadas hacia el resto de la Internet. Sin embargo, una conexión a un punto neutro local les puede permitir el transferir datos sin límite, y sin costo, mejorando enormemente el ancho de banda entre los clientes de los dos PSI adyacentes." (CentralAmericaData.com, 2014)

Tabla 7. Operadores y Tecnologías en América Central.

País	Operadores y Tecnologías hasta el 2014		
El Salvador	Tigo	850 MHz (3G)	HSPA+
	Claro	1900 MHz (3G)	
	Movistar	850/1900 MHz (3G)	
	Digicel		
Belice	Smart!	CdmaOne CDMA2000 1x CDMA2000 EV-DO	
	Digicell	Tecnología HSPA+	
Guatemala	Tigo	850 MHz (3G)	HSPA+
	Claro	1900 MHz (3G)	
	Movistar		Actualmente UMTS
			Pretende introducir 4G LTE en tercer trimestre de 2014, con cobertura inicial 50% de la capital.
Honduras	Tigo	Bloque B1	En 2013, Conatel adjudico el espectro LTE del país (en las bandas de
	Claro	1900 MHz (3G) Bloque B2	



	Honducel	Bloque B3	frecuencia de 1700MHz y 2100MHz)
Panamá	Cable & Wireless	850 MHz (3G)	Todos actualmente con HSPA, HSPA+ o una mezcla de las dos. C&W y Movistar planean antes que acabe el 2014, estar ofreciendo servicios 4G utilizando plataformas LTE.
	Claro	2100 MHz (3G)	
	Movistar		
	Digicel		
Costa Rica	Kolbi (ICE)	850 MHz (3G) 2600MHz (4G LTE)	Servicios 4G LTE en Febrero 2014, con cobertura inicial en 127 distritos.
	Claro	2100 MHz (3G) 1800MHz (4G LTE)	Servicios 4G LTE en Abril 2014, con cobertura inicial centralizada en la capital y parte de provincias cercanas.
	Movistar	850/2100 MHz (3G) 1800 MHz (4G LTE)	Julio 2014, con cobertura inicial centralizada en la capital y parte de provincias

			cercanas.
Nicaragua	Claro	850 MHz (3G)	
	Movistar	850/1900 MHz (3G)	HSPA+
	Yota	2.5 y 2.6 GHz (4G)	WiMAX
	Xinwei	1785-1805 MHz (4G)	Licencia otorgada en el proceso de licitación Septiembre 2012, para prestar servicios 4G con la tecnología McWiLL.

*Bloque B1 (1710MHz-1730MHz y 2110MHz-2130MHz).

*Bloque B2 (1730MHz-1750MHz y 2130MHz-2150MHz).

*Bloque B3 (1750MHz-1770 MHz y 2150MHz-2170 MHz) reservado para su uso después de la privatización prevista.

* McWiLL (Multi-carrier bucle local inalámbrico de información).

CAPÍTULO 3 - SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS DE LA TELEFONÍA Y DATOS MÓVILES EN NICARAGUA

En este capítulo se presenta el estado actual de las redes móviles de telefonía en Nicaragua y los procedimientos que hasta el momento se han llevado a cabo en el país para la implementación de LTE, exponiendo de esta forma el nivel competitivo en el que se encuentra frente a otros países.

3.1 Evaluación técnica de la telefonía y datos móviles en Nicaragua

Para llevar a cabo este análisis se consideró necesario realizar una evaluación del estado actual de los servicios de telefonía y datos móviles ofertados por los operadores presentes en el país. Inicialmente se expondrán datos estadísticos publicados por TELCOR sobre la Telefonía Celular en Nicaragua, luego se

brindará información sobre los servicios que ofrecen Movistar, Claro y Yota en la ciudad de Managua, de conformidad con el enfoque del presente análisis.

3.1.1 Estadísticas del servicio de telefonía celular en Nicaragua

A continuación se presentan datos estadísticos de los usuarios de telefonía celular en Nicaragua durante el período comprendido entre el año 2006 al 2013.

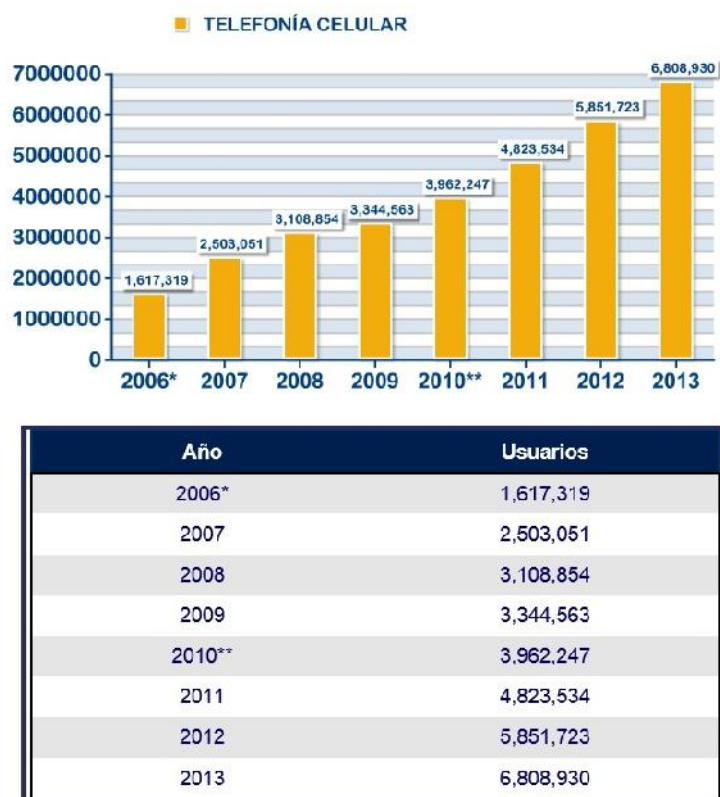
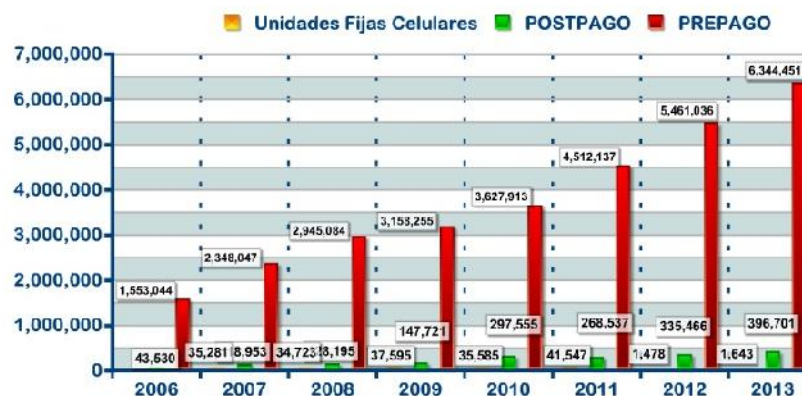


Figura 52. Usuarios del Servicio de Telefonía Celular. (TELCOR, 2014)

La siguiente figura presenta la clasificación de los usuarios de telefonía celular en el país según el tipo de plan, esta información corresponde al período comprendido entre el año 2006 al 2013.



Año	Tipo Plan		
	PREPAGO	POSTPAGO	Unidades Fijas Celulares
2006	1553044	43530	N/D
2007	2348047	118953	35281
2008	2945084	128195	34723
2009	3158255	147721	37595
2010	3627913	297555	35585
2011	4512137	268537	41547
2012	5461036	335466	1478
2013	6344451	396701	1643

Figura 53. Clasificación de Usuarios de Telefonía Celular por Tipo de Plan.
(TELCOR, 2014)

En la siguiente figura, se expone la densidad de la telefonía celular en Nicaragua, durante el período comprendido entre el año 2006 al 2011.



Densidad Móvil: Abonados a telefonía celular móvil por cada 100 habitantes.

Nota: *Datos estimados por el Ente Regulador

Figura 54. Densidad del Servicio de Telefonía Celular. (TELCOR, 2014)

3.1.2 Servicios disponibles

A continuación son detallados los servicios que hasta la actualidad son prestados por las empresas consideradas para nuestro análisis, iniciando con Telefónica “Movistar”, siguiendo con América Móvil “Claro” y finalmente Yota de Nicaragua S.A.

3.1.2.1 TELEFÓNICA “MOVISTAR”

Servicios ofertados para Personas (MOVISTAR, 2014)

➤ **Servicios Internacionales**

- **Roaming**
- **Llamadas Internacionales**
- **SMS Internacional**
- **Recargas Internacionales (desde Estados Unidos y España)**

➤ **MoviTalk:** Es la nueva forma de comunicación que movistar te ofrece y que te permite comunicarte de manera ilimitada, con una o más personas a la vez con solo presionar un botón. Con la misma cobertura que las llamadas convencionales.

➤ **Rescate Movistar**

- **Adelanto de saldo:** Permite adelantar de C\$10 hasta C\$30 de tu próxima recarga.
- **SMS por cobrar:** Permite enviar mensajes de texto por cobrar, de manera que el destino será el que pague por el mensaje.
- **Transferencia de saldo:** Permite transferir saldo desde un movistar a otro.
- **Lláname que no tengo saldo:** Una vez que te quedas sin saldo al intentar hacer una llamada se generan notificaciones indicando que estas intentando llamar pero que no tienes saldo.



- **Llamadas por cobrar:** Permite a los usuarios movistar establecer una llamada por cobrar a otro usuario.
- **SMS Prepagados:** Permite prepagar la respuesta al enviar un mensaje de texto.
- **Pásame Saldo:** Permite solicitar a otro cliente movistar que te transfiera saldo en el momento que vos lo necesites, con lo cual siempre estarás comunicado.
- **Te Ayuda:** Dará respuesta a las necesidades de seguridad de la población en general ofreciendo la posibilidad de enviar a uno o varios destinatarios un mensaje con una petición de ayuda junto con la localización aproximada donde estés.

➤ **Mensajería**

- **SMS Premium:** Podrás recibir mensajes de distintos temas según la suscripción realizada.
- **SMS Emoción:** Expresa tu sms con un emoticon y/o conjunto de caracteres
- **Voz a Texto Movistar:** Convierte a mensajes de texto (SMS) los mensajes que nuestros clientes reciban en su correo de Voz.
- **Mensajes Multimedia MMS:** Envía contenido multimedia como imágenes, videos, animaciones gráficas desde tu movistar a otro.
- **SMS Plus:** Servicio único que permite administrar tus mensajes de texto como si fuera tu correo electrónico.
- **Superbonos:** Hablá, chateá, y navegá con los Superbonos Movistar.

➤ **Entretenimiento**

- **Internet SMS:** Consulta cualquier página web que quieras usando mensajes de texto. Envía el dominio del sitio web y recibe el contenido de la web por mensajitos.



- **Twitter:** Permite tener acceso a tu cuenta de Twitter a través de mensajes de texto desde su celular movistar.
- **Club Emoción Movistar:** Accede y descarga contenido multimedia por un pago periódico diario.
- **Información y Entretenimiento:** Mantente siempre actualizado con lo último en noticias y entretenimiento.
- **Facebook:** Podrás actualizar tu estado en facebook, recibir solicitudes de amistad, mensajes, publicaciones del muro y actualizaciones de estado en tu teléfono. Además podrás cargar fotos y videos.
- **Portal de Fútbol:** Servicio que te ofrece, de forma fácil e integrada, información sobre estadísticas, goles, partidos y noticias.

➤ **Movistar Música**

- **Movistar Música:** Podrás comprar la música de tus artistas favoritos de un modo seguro, fácil y rápido.
- **Dedicatorias:** Expresa tus sentimientos desde tu Movistar a otros celulares quienes recibirán por una llamada la canción que les dedicas.
- **Entretonos:** Servicio que te permite personalizar el sonido o melodía que escucharán las personas que te llamen mientras contestas.

➤ **Seguridad**

- **Escudo Movistar:** Nueva aplicación de seguridad exclusiva de Movistar que protege la información de su Smartphone contra robo, virus y spam.
- **Respaldo de Agenda:** Permite respaldar los contactos del SIM card en un servidor; además una vez que los contactos están respaldados, los mismos se pueden sincronizar y restaurar.

- **Prevención de Robos:** Consiste en un sistema de alarma de Seguridad residencial inalámbrico instalado en la propiedad del cliente. Este sistema está vigilado por un personal altamente calificado a través de un centro de monitoreo 24/7.

➤ **Internet**

- **Internet en el celular**
- **Internet Móvil 3.5G (PC o Laptop)**

Servicios ofertados para Negocios (MOVISTAR, 2014)

➤ **Voz**

- **Planes Negocios - Planes Compartidos (Cuenta Controlada):** Plan flexible diseñado para optimizar la comunicación dentro y fuera de tu empresa, ya que te permite asignar saldo a tus líneas según tu conveniencia, ayudándote a controlar tu presupuesto.
- **Planes Corporativos:** Ofrece planes corporativos con rentas fraccionadas que se adaptan a las necesidades de tu empresa, y obtienes las mejores tarifas del mercado. Permite unificar tu renta total con planes fraccionados Pospago Libre o Cuenta Controlada.
- **Planes Fijos:** Movistar te ofrece un servicio de telefonía fija diseñado para optimizar la comunicación en tu empresa y hogar. Los planes de unidades fijas están diseñados para clientes con necesidades de comunicación convencional.
- **MoviTalk:** Movitalk es una nueva forma de comunicación que movistar te ofrece, te permite comunicarte de manera ilimitada con una o más personas a la vez con solo apretar un botón (PTT: Push to Talk).



- **Red Privada Movistar:** Con la Red Privada de Movistar podés tener el control de la comunicación de tu empresa y crear tu propia red de comunicación sin límites.
- **Suberbonos Negocios:** Minutos, Mensajitos, Navegación, Mensajitos Internacionales, Minutos Internacionales.

➤ **Datos**

- **E1 de Voz:** El servicio E1 de voz permite manejar un único canal de acceso telefónico de alta capacidad que lleva hasta el domicilio del Cliente 30 canales telefónicos con un rango numérico, perteneciente a los rangos de numeración de red móvil otorgados por el ente regulador, que puede ser de 100 o más números (dependiendo de la necesidad del cliente).
- **InfolInternet:** Permite contar con un acceso dedicado y permanente las 24 horas del día a Internet. Está orientado a cualquier empresa o entidad que requiera conexión a Internet, mediante un enlace permanente, con el objetivo de prestar servicios, publicar información, o comunicarse con otras entidades vía mail.
- **IP Corporativo:** Proporciona una interconexión de redes de área local (LAN), haciendo uso de la red de datos de Telefónica. Es decir toda aquella empresa que cuente con un sitio central donde almacena información (o varios sitios), y sitios remotos que accedan a ella. En caso de que los clientes deseen que usuarios remotos accedan a través de redes conmutadas deberán contratar además servicios de acceso conmutado.
- **MPLS Nacional - MLPS Regional:** Permite la creación de redes privadas virtuales que interconectan todas las sedes de su empresa y los recursos productivos desplegados en cada una de

ellas, asegurando las capacidades necesarias para todos los tipos de comunicaciones (aplicaciones de voz, datos, video y TI).

- **Clear Channel:** Permite la transmisión de datos de un sitio remoto a uno central. Es básicamente un enlace dedicado de datos punto a punto. Está enfocado a todas aquellas empresas que requieran enlaces dedicados de transmisión de datos entre sus oficinas, y que no requieren mayores prestaciones, únicamente un canal limpio para su comunicación. Este servicio no incluye equipo Terminal (Router o similar), ni gestión al enlace. Únicamente un canal dedicado entre punto A y punto B.
- **SMS Negocios:** Con SMS NEGOCIOS optimizaras toda tu comunicación interna y externa ya que podrás enviar mensajes grupales a tus clientes, colaboradores o proveedores.
- **Internet en tu Celular:** Permite a nuestros clientes recibir en tiempo real sus correos electrónicos, personales y corporativos, tal como lo recibe en su computadora, sin que el usuario tenga que realizar ninguna acción adicional.

Servicios ofertados para Empresas (MOVISTAR, 2014)

➤ Móvil

- **Red Privada VPN - Milenio Corporativo:** Permite unificar las líneas móviles y fijas de una empresa en una sola Red Privada de Voz (RPV), compartiendo el mismo plan interno de numeración. Milenio permite que todos los móviles de una empresa, además de conservar su número de teléfono normal, pasen a ser extensiones de la central telefónica. De esta manera, cualquier persona dentro de la organización puede acceder, de forma rápida y sencilla, a todos los teléfonos móviles y fijos mediante la marcación abreviada.

- **Red Avanzada Regional:** Es la convergencia de servicios Fijos y Móviles en una única Red Privada Virtual de Voz en la región; con un plan privado de numeración, restricciones de llamadas entrantes y salientes, mecanismos para el control de consumo, y la posibilidad de gestionar las telecomunicaciones de su empresa por medio de una herramienta web construida sobre Red Inteligente.
- **Internet en tu celular:** Ofrece a los clientes individuales y corporativos el servicio de acceso inmediato a su correo electrónico desde su teléfono móvil, sin necesidad de iniciar sesión, solo con encender el móvil.
- **Moviltalk:** Es el primer servicio móvil realmente ilimitado que permite comunicarte directamente con una persona o grupo con tan solo apretar un botón.

➤ **Fijo**

- **E1 de voz:** Permite manejar un único canal de acceso telefónico de alta capacidad que lleva hasta el domicilio del Cliente 30 canales telefónicos con un rango numérico, perteneciente a los rangos de numeración de red fija otorgados por el ente regulador, que puede ser de 100 o más números. También le permitirá transmitir datos, usar servicios de videoconferencia, acceso a Internet.
- **Bases Inalámbricas:** En sectores a nivel nacional en donde no se cuenta con una red de acceso (fibra óptica o cobre) capaz de poder brindar servicios de telefonía de red fija, se ofrece la opción de brindarlos bajo la infraestructura de red móvil, que permite llegar a clientes que requieren servicios bajo este concepto en donde existe cobertura de la red de GSM de Telefónica.

➤ **Datos**

- **Internet Movistar 3.5G**



- **Ip Corporativo**
- **Clear Channel**
- **Info Internet**
- **MPLS Nacional - MPLS Regional**
- **Valor Agregado**
 - **GPRS**
 - **SMS Empresas:** Ofrece a sus clientes Empresas una solución que les permite interactuar con sus clientes finales por medio de SMS en forma masiva, permite el envío y recepción de mensajes en las siguientes modalidades:
 - **MT:** Mensajes originados por el cliente (Empresa) cuyo destinatario es un móvil (usuario final). Dichos mensajes son originados por los protocolos HTML o SMPP.
 - **MO:** El destino es el cliente (Empresa) y el origen un móvil.
 - **Servicio Satelital:** Basado en el servicio de banda ancha de INMARSAT, este ofrece un ADSL móvil en cualquier lugar del mundo:
 - Voz + Internet hasta 492Kbps simultáneas.
 - Adicionalmente: caudales garantizados, RDSI y SMS
 - **MLPS Nacional - MLPS Regional**
 - **M2M (Machine to Machine):** Empleadas hoy en día para el ofrecimiento de servicios de datos que permiten transmisiones de data con la seguridad, rapidez y disponibilidad que su negocio necesita.
 - **Aplicativos Móviles:** Para este servicio existen una gran variedad de aplicaciones que pueden agilizar el funcionamiento de las empresas optimizadas así los recursos disponibles (control de acceso, dispositivos transaccionales, televigilancia, etc).

- **Secure Mobile Device Management:** Permite a los dispositivos móviles (tablets o smartphone) tener acceso a la información corporativa de una Empresa de forma segura, permitiendo la gestión y control de cada dispositivo y el contenido que accede.

3.1.2.2 AMÉRICA MÓVIL “CLARO”

Servicios ofertados para Personas (CLARO, 2014)

- **Móvil:** Es el servicio de Telefonía Móvil prepago o pospago.
- **Internet**
 - **Internet Móvil:** Servicio de Internet permite conectarse a la más alta velocidad desde tu computadora donde te encuentres. Únicamente necesitas un modem de Claro, instalarlo en tu computadora y ¡listo!
 - **Internet en tu Celular:** Permite conectarte donde estés porque con Claro tenés cobertura 3G en toda Nicaragua.
Beneficios:
 - Envío y recepción de correo electrónico.
 - Acceso a Redes Sociales.
 - Mensajería Instantánea.
 - Navegación en internet.
 - Descarga de aplicaciones.
 - **Internet Fijo:** Conexión a Internet las 24 horas sin restricciones, a través de tu Línea Fija o del cable coaxial de tu Claro TV. Internet Fijo Residencial te permite:
 - Navegar en la Web.
 - Revisar cuentas de correo electrónico.
 - Ingresar a Redes Sociales y Mensajería Instantánea.
 - Descargar contenidos y videos en línea.



- Leer noticias.
- Realizar investigaciones.
- Velocidades desde 512 Kbps hasta 5 Mbps.

➤ **Claro TV**

- **Televisión por cable**

- **Claro TV Básico:** es el servicio de televisión por cable con el que disfrutas de hasta 77 canales variados de programación local e internacional, las 24 horas del día.
- **Claro TV Digital,** incluye canales de video y audio, canales en Alta Definición (HD), grabador de video y mucho más. Claro TV Digital es el servicio de televisión digital que transmite la señal en forma digital hasta tu domicilio. Para recibir esta señal los clientes requieren un decodificador que les permitirá disfrutar de múltiples beneficios como:
 - Hasta 205 canales de programación variada.
 - Mejor calidad de video y audio.
 - Canales PPV (Pague por Ver).
 - Canales Premium HBO y MOVIECITY.
 - Canales de Adultos.
 - 50 Canales de música.
 - 4 Canales mosaico: Mira lo que están dando de tu género favorito en una sola pantalla.
 - Control Parental: Cuida lo que tus hijos ven.
 - Guía interactiva.
 - Reseña del programa.
 - Recordatorios para que no te pierdas tus programas favoritos.
 - Búsqueda de programas, por hora, título o tema.
 - Programa tus canales favoritos.

- Canales con audio alterno (Español / Ingles).
- Factura Electrónica por SMS.

- **Televisión Satelital**

- **Básico**, es un servicio de televisión de cobertura nacional diseñado para clientes que habitan en áreas de cobertura donde la opciones de cable local son limitadas o inexistentes. El paquete Básico te ofrece 44 de nuestros canales más populares.
- **Básico Plus**, te ofrece 77 de nuestros canales más populares.
- **Paquetes Adicionales**, para los amantes del cine, Claro TV Satelital te trae paquetes especiales para que siempre te mantengás al tanto de las mejores y más recientes películas. Según tus preferencias, elegí entre los paquetes de HBO MAX, Movie City Plus, Paquete Premium HD DTH, Premium Total y Adultos que podés contratar adicionalmente a tu paquete.

➤ **Telefonía Fija**

- **Telefonía Residencial**

- **Línea Básica Residencial**, Ahora puedes adquirir tu línea básica convencional con cargo de \$6.81 dólares mensuales, incluye 200 minutos para llamadas a fijos y servicios especiales de Llamada en espera y Correo de voz Básico.
- **Línea Digital Avanzada**, por \$9.95 + IVA mensuales y disfruta de todos los servicios digitales:
 - Identificador de Llamadas.
 - Buzón de voz Premium.
 - Llamada en espera.
 - Conferencia Tripartita.



- Transferencia de Llamadas.
 - 200 minutos incluidos para llamar a teléfonos fijos Claro.
 - Equipo telefónico gratis al momento de instalar la línea.
 - Tendrás la opción de adquirir servicios adicionales de Internet, Claro TV o paquetes de Casa Claro.
 - Cobertura a nivel nacional
- **Planes de Llamadas:** Planes Multisaldo, Combina tu Línea Fija y tu Móvil Prepago Claro y ahorra. Por un cargo mensual de \$3.00 + IVA, recibís en tu móvil \$1.50 dólares diario y hasta \$45 dólares al mes en tu cuenta de bono.
 - **Planes Multisaldo,** Combina tu Línea Fija y tu Móvil Prepago Claro y ahorra. Por un cargo mensual de \$3.00 + IVA, recibís en tu móvil \$1.50 dólares diario y hasta \$45 dólares al mes en tu cuenta de bono.
 - **Planes Nacionales (Paquete Friends & Family Residencial Fijo)** Llamadas ilimitadas a tres número Favoritos Fijo, contrata este paquete por tan solo \$3.00 mensuales + IVA y habla todo lo que quieras.
 - **Planes Internacionales:**
 - **Paquete Larga Distancia Internacional:** Habla a cualquier país del mundo con las mejores tarifas internacionales desde tu Línea Fija, por \$4.99 dólares + IVA al mes, el valor es consumible según la tarifa de los diferentes destinos llamados.
 - **Paquete USA/CANADA \$3X30:** Llama 30 Minutos a Estados Unidos y Canadá a \$3.00 + IVA



(Tarifa \$0.10 + IVA el minuto dentro del plan), a partir del minuto 31 se cobra a tarifa normal.

- **Servicios**

- **Larga Distancia Internacional, Asistido por operadora (116):**

Gracias a la asistencia de nuestras operadoras, podrás comunicarte a cualquier parte del mundo. Te brindamos la opción de cobro revertido o bien pagar a través de tu factura telefónica.

- **Servicios de Asistencia Telefónica**

110 - Servicio de Llamada Internacional de Claro

113 - Servicio de Información Directorio Telefónico Nacional e Internacional

116 - Servicio de Llamada Internacional de Claro

117 - Servicio de Llamada Internacional de Claro

*118 - Servicio Contra Robo de Celulares

121 - Asistencia al Cliente

*121 - Asistencia al Cliente

1800-0000 - Televentas

Servicios ofertados para Empresas (CLARO, 2014)

- **Telefonía Empresarial**

- **Planes Móviles Empresariales**

- **Planes Todo Destino Claro**, se basan en una bolsa de dinero equivalente al valor de la renta mensual contratada (con tarifas preferenciales) misma que podrás distribuir mensualmente entre todas las líneas de tu plan según estimes conveniente.

- **Planes AVI**, incluyen una bolsa de dinero equivalente al valor de la renta mensual del plan contratado, que podrás

administrar y gestionar en tiempo real a través de una interfaz web, aplicando controles de horario, destino y consumo y realizando cambios en la configuración de tus líneas, misma que incluye la asignación del nombre de usuario, grupo y perfil. Además, podrás optar a llamadas ilimitadas entre las líneas incluidas en tu plan al contratar el servicio VPN desde US\$ 11.99 + IVA.

- **Planes Escalables**, se caracterizan por la contratación de planes individuales que conforman una renta mensual total mínima de US\$ 50 + IVA. Con la modalidad escalable podrás asignar a cada línea su propio plan con renta mensual individual y la asignación de sus minutos será equivalente a ella. Claro te ofrece la facilidad de recibir una factura total por tu plan contratado, o bien una factura individual para cada una de tus líneas, por lo que es ideal para planes empleados o deducidos de nómina.
- **Servicios de Datos**
 - **Servicios de Telemetría**, Claro pone a la disposición de sus Clientes Empresariales una amplia variedad de paquetes de datos para servicios de telemetría, que potencializarán la medición y control en tiempo real de las operaciones de su negocio. Estos planes incluyen una capacidad de datos desde 2MB hasta 1000 MB.
 - **Localización Vehicular (AVL)**, usted podrá controlar el movimiento de flotas vehiculares. Este servicio utiliza la red de datos GPRS/EDGE con equipos especializados que ubican el vehículo desde una página Web, permitiendo medir tiempos de entrega, disponibilidad de recursos o evitar pérdidas ante posibles robos.

- **Servicio Claro Directo PTT,**
Sólo hay que presionar un botón para hablar. Este servicio está basado sobre tecnología VoIP usando como transporte la red GPRS/EDGE de Claro y te ofrece la posibilidad de hablar de forma individual o en forma grupal con tu personal de campo optimizando recursos de tu empresa a través de una comunicación ilimitada entre los usuarios que cuenten con el servicio desde cualquier sitio dentro de la cobertura de Claro, aun cuando los usuarios ya hayan consumido su saldo asignado.
- **Línea Fija Empresarial:** Puedes adquirirla pagando un derecho de instalación de \$125.00+ IVA, o utilizar nuestros planes de financiamiento a 1, 3, 6, 9, 12 meses sin intereses.
 - **Línea Básica Convencional,** Con el plan básico de línea fija podrás comunicarte tus clientes, proveedores, y soportar las operaciones de tu negocio empresa o institución.
 - **Línea Digital Avanzada,** Aprovecha el empaquetamiento de servicios en una oferta atractiva y obtén ahorro sustancial en los productos y servicios que te ofrecemos
- **E1 Telefónico:** Es una solución de comunicación Digital Empresarial, muy utilizada por los clientes que manejan un alto nivel de llamadas en sus operaciones.
- **Servicios Suplementarios**
 - **Servicios de números 1800:** Es una alternativa que facilita la comunicación entre las empresas y sus clientes, que funciona agrupando las líneas de la empresa bajo un único número nacional de la serie 1- 800-XXXX.

Las llamadas recibidas en el número 1-800 serán tasadas y cobradas a la empresa a través de su factura telefónica, por tanto son gratis para el usuario que realiza la llamada.

Las llamadas pueden ser encaminadas geográficamente a números locales de atención de la empresa.

- **Servicios de números 1900:** Es una alternativa que permite a su empresa desarrollar nuevos negocios relacionados con la venta de información vía telefónica, cobrando una tarifa adicional o sobre cuota al usuario por el servicio o información brindada, el que pagará por su factura telefónica. Las líneas de la empresa son agrupadas bajo un único número nacional de la serie 1-900-XXXX. Las llamadas pueden ser encaminadas geográficamente a números locales de atención de la empresa. Es ideal para líneas de consulta jurídica, médica, sentimental, turística, venta de información financiera, cartelera de cine, espectáculos etc. El importe de la llamada es pagado por los usuarios, e incluye los costos de consumo telefónico y una cuota adicional que corresponde al valor del servicio brindado.
- **Portal Multiservicios,** La plataforma multiservicios permite aplicaciones como:
 - Encuestas de opinión.
 - Buzón de voz múltiple (El cliente puede definir varios casilleros para una línea).
 - Portal de información o noticias.
 - Tele-votación y concursos.
- **Servicio de Teleconferencias,** te permite reunirte telefónicamente entre varios asociados de la empresa, con



clientes o proveedores, que se encuentren geográficamente dispersos dentro o fuera del país. Las conferencias se administran vía web por el administrador autorizado permitiendo de 2 a más participantes en la celebración de reuniones virtuales.

Los convocados a la reunión virtual ingresan a la conferencia marcando un número telefónico y digitando una clave de acceso.

Las tarifas dependerán del medio de origen y localidad de los participantes.

- **Telefonía Rural VSAT:** Claro ofrece una alternativa de comunicación vía satélite que permite al cliente tener acceso a telefonía convencional y conexión a Internet o datos, en localidades rurales de difícil acceso.

➤ **Servicios de Voz**

- **Roaming Internacional:** Permite utilizar su celular en países con los cuales Claro tiene acuerdos de Roaming, con el mismo número y cuenta. Podrá originar llamadas locales o internacionales desde su teléfono en el país que visite, y será facturado siempre a su cuenta de Claro.

Beneficios:

- Se ofrece con cobertura nacional.
- Permite la comunicación de voz, fax, datos o Internet.

- **Internet**

- **Roaming de Datos:** Permite navegar en Internet, enviar y recibir correos electrónicos, acceder a charlas instantáneas desde su Smartphone, en países con los cuales Claro tiene acuerdos de Roaming de Datos.

Podrás utilizar todas estas funcionalidades conservando tu mismo número y cuenta.

- **Internet Fijo Empresarial:** Es el servicio de acceso a Internet por tecnología XDSL que le permite a su empresa o negocio ampliar las oportunidades de negocios a nivel nacional e internacional.
- **Internet Inalámbrico Empresarial:** Es el servicio de acceso a Internet inalámbrico que le permite a su empresa ampliar la oportunidad de negocios a nivel nacional e internacional.

➤ **Oficina Móvil**

- **ActiveSync:** Permite sincronizar de forma inalámbrica el teléfono inteligente con el servidor Microsoft Outlook Exchange de una empresa logrando así enviar y recibir correo electrónico, actualizar el calendario y los contactos y responder a convocatorias de reunión.
- **Oficina Móvil Blackberry:** Ofrece al cliente acceso a recibir, enviar y redactar correo electrónico de su cuenta personal o corporativa, navegar en Internet, utilizar la mensajería instantánea desde su celular BlackBerry®. Puede así mismo sincronizar en tiempo real e inalámbricamente, la libreta de direcciones, calendario, block de notas y tareas de su cuenta corporativa.
- **Mail for Exchange:** Esta solución está dirigida a Clientes Empresariales que usen un servidor de correo Microsoft Outlook Exchange. Los usuarios podrán sincronizar su cuenta de correo corporativa, calendario y contactos en un dispositivo móvil de Nokia serie E y N.

➤ **Transmisión de Datos**

- **Servicios TDM:** Con una visión de una red estratégicamente distribuida a nivel Nacional y extendida Internacionalmente a través de otros Carriers de la región Latino Americana, ofrece a sus clientes enlaces dedicados punto a punto y punto multipunto sobre TDM, que consiste en una conexión física de multiplexión por división de tiempo (TDM) de punto a punto para uso exclusivo del cliente.
- **Servicios IP:** Con una red IP de última generación que utiliza el protocolo IP-MPLS brinda soluciones de acuerdo a los requerimientos ancho de banda y la calidad de servicio del usuario en variadas topologías con cualquier tipo de tecnología de última milla con velocidades desde 64Kbps hasta 155Mbps.
Este servicio brinda la posibilidad de tener una red privada virtual (VPN) de datos para interconectar dependencias remotas a su edificio matriz. Contamos con una disponibilidad del servicio a nivel nacional, Centro América (Guatemala, El Salvador, Honduras) y USA utilizando la tecnología IP-MPLS. (MPLS - Multiprotocol Label Switching).

3.1.2.3 YOTA DE NICARAGUA S.A.

Servicios ofertados (YOTA, 2014)

➤ Planes de Servicio

- **Yota Día:** Internet móvil rápido e ilimitado durante un día (24 horas a partir de conexión).
- **Yota Mes:** Internet móvil rápido e ilimitado durante un mes calendario (a partir de conexión).

- **Yota Año:** Internet móvil rápido e ilimitado siempre que lo necesites, durante 366 días.

El acceso a los recursos de Internet, de correo electrónico a descargas de vídeo, en cualquier lugar dentro del área de cobertura de Yota.

➤ **Corporativo**

- **Yota Inalámbrico:** Es la solución más rápida para conectarse a Yota internet inmediatamente.
 - **Acceso Personal:** Yota Jingle/One (Yota 4G Móvil).
 - **Acceso Multiple:** Router WiFi +Yota Jingle/One (Yota oficina).
- **Yota Fibra Óptica:** Conexión por Fibra Óptica Dedicada las 24 horas del día que permite conexión constante para aquellas empresas que necesitan mantener sus canales de comunicación abiertos los 365 días del año, a través del servicio de Yota podrás implementar todas las herramientas necesarias para simplificar tu comunicación, con un robusto ancho de banda es una realidad la implementación de VoIP, VPN, Navegación ilimitada, Video Conferencias, Streaming y cualquier otra aplicación que tu negocio necesite para su óptimo funcionamiento.
- **Yota Empresarial:** Conexión a Internet 4G por antena externa que permite estabilidad de señal, solución perfecta para para aquellas empresas que requieran de conexión constante y estable. La antena externa de Yota se ubica en un punto fijo en el exterior o interior del edificio, es resistente a la intemperie, diseñada para las variaciones del clima en Nicaragua. Permiten establecer medidas de seguridad, lo cual brinda flexibilidad para mayor control del tipo de información que se comparte a través de su red.



Figura 55. Dispositivos móviles para los servicios de Yota. (YOTA, 2014)

Todos los servicios ofertados por las tres operadoras antes mencionadas, se expusieron ya que se considera importante plantear de forma amplia sus alcances.

3.1.3 Tendencia evolutiva de servicios

El sector de las comunicaciones móviles celulares ha mostrado un gran dinamismo en las dos últimas décadas. Los inicios de la década de los 1990 vinieron marcados por el crecimiento exponencial de usuarios de voz al amparo de un entorno cada vez más competitivo y con predominancia de la tecnología GSM como estándar de facto a nivel mundial. Posteriormente, y contrariamente a lo que pronosticaban muchos estudios de mercado, la madurez alcanzada en el servicio de voz no se vio relevada por los servicios de datos en los primeros años de los 2000 de la mano del cambio tecnológico asociado a la implantación

del acceso radio WCDMA de UMTS. A nivel global, la principal competencia de UMTS es cdma2000, emanado del 3GPP2, tal y como se ilustra en la siguiente figura. La clara necesidad de mayores velocidades de transmisión de datos como condición necesaria para el eventual despegue de estos servicios encuentra respuesta en la tecnología HSPA, y equivalentemente EV-DO en el contexto 3GPP2, elementos a la postre facilitadores del crecimiento exponencial del tráfico de datos observado desde 2007, junto con la generalización de las tarifas planas para el acceso a Internet móvil. El camino apuntado por el 3GPP para cubrir las necesidades tecnológicas en el horizonte 2010-2020 tiene a LTE como máximo exponente. La predominancia de LTE supone el fin del camino paralelo del 3GPP2, que abandona el desarrollo de UMB, equivalente a LTE.

El contrapunto competitivo para LTE intenta impulsarse desde IEEE con WiMAX 802.16e y posteriormente 802.16m, como solución propiamente IMT-Advanced (sistema 4G), al igual que la propuesta LTE-Advanced por parte del 3GPP.

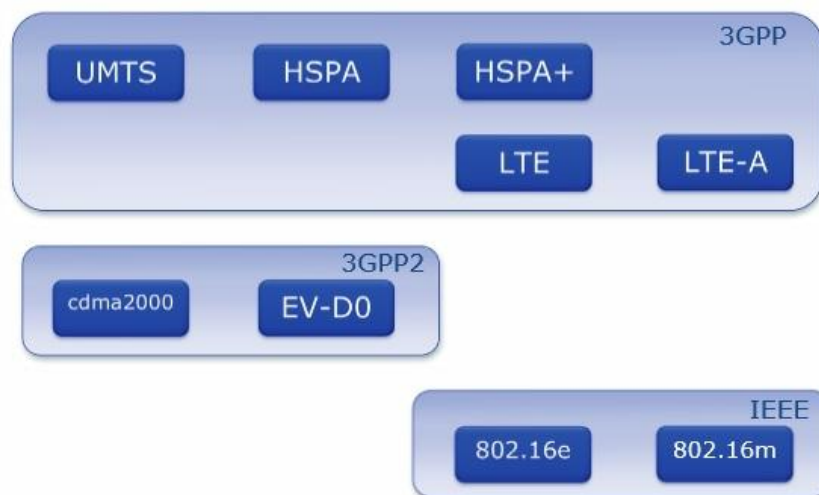


Figura 56. Panorámica de sistemas móviles celulares 3G/4G. (Comes, y otros, 2010)

La evolución tecnológica ilustrada en la Figura 56 refleja, sin duda, la existencia de un mercado altamente dinámico, que requiere de una elevada capacidad de adaptación y anticipación para satisfacer las necesidades de los usuarios así como para hacer frente a los competidores.

Son muchas las variantes que LTE introduce en relación a sistemas de comunicaciones móviles previos, sin embargo dos aspectos relevantes que cabría destacar son que en LTE, por primera vez, todos los servicios, incluida la voz, se soportan sobre el protocolo IP (Internet Protocol), y que las velocidades de pico de la interfaz radio se sitúan dentro del rango de 100 Mbps y 1Gbps, ampliamente superiores a las conseguidas en los sistemas predecesores. Se espera que con LTE se puedan romper finalmente y definitivamente las barreras que todavía impedían la consecución plena de una movilidad con capacidad multimedia. Lo que sería equivalente a afirmar que con la aparición de LTE los usuarios que lo deseen ya no tendrán que verse penalizados en su capacidad de comunicación por el hecho de ser móviles en lugar de fijos. (Comes, y otros, 2010)

La historia de la Telefonía refleja que, la oferta de servicios de datos en sí mismos pueden atraer a los clientes tanto como la atractiva oferta de dispositivos que se basan en esos servicios.

La evolución de las redes de comunicaciones inalámbricas, más que por la necesidad tecnológica, está provocada por la necesidad de ofrecer nuevos servicios de telecomunicaciones. A partir del concepto de servicio, se han ido adoptando nuevas tecnologías de redes móviles logrando un cambio de paradigma, pasando de un modelo enfocado en brindar servicios básicos de voz, hacia un modelo donde se enriquece con servicios multimedia, con lo que se pretende mejorar la experiencia de los usuarios mediante la introducción de

nuevas formas de comunicación (voz, texto, video). Además de esto, se busca explotar la característica móvil de ubicuidad, que permita al usuario final tener acceso a banda ancha y a un portafolio de servicios asociados desde su terminal móvil. Servicios como la mensajería MMS, SMS así como nuevos servicios tales como la publicidad móvil, redes sociales y otros, han contribuido de manera importante a los ingresos percibidos por los operadores en telecomunicaciones. Los servicios con los que cuentan los terminales más avanzados están basados en el envío de paquetes por medio de GPRS/EDGE hasta un completo acceso a las redes IP por medio de HSPDA accediendo así a todos los servicios que las redes IP pueden ofrecer. Con un terminal avanzado de tercera generación se puede acceder a redes IP a altas velocidades, y con esto navegar de forma rápida y eficiente, utilizar mensajería instantánea, utilizar VoIP, enviar y descargar archivos.

Conscientes de esto, los fabricantes de terminales y los operadores han percibido que en los últimos tiempos se está produciendo un movimiento claro de adaptación de los dispositivos de acceso al estilo de vida de las personas. Por esta razón, los dispositivos son vistos en mayor medida como una herramienta que cubre las necesidades al gusto de las personas, representando un medio para acceder a un conjunto variado de nuevos servicios.

Debido a esto, hoy en día, el teléfono móvil sigue siendo el principal dispositivo de elección para la comunicación entre los usuarios, ya sea a través de la voz, la mensajería SMS, la mensajería instantánea y la mensajería MMS, entre otros. También se está convirtiendo rápidamente en el medio más importante para el consumo de entretenimiento, noticias y publicidad. A su vez, se está utilizando como herramienta ideal para la compartir contenidos, por ejemplo, grabaciones de vídeo/audio y fotografías, así como para interactuar, utilizando para esto comunidades (tipo redes sociales) que permiten compartir intereses afines, acelerando así la creación, distribución y consumo de contenidos.

Cabe destacar, que un factor que ayudará a la expansión de los servicios móviles será el precio de los terminales, lo que por lo tanto, contribuirá en el impulso de crecimiento de abonados móviles en el futuro. Por esta razón, los operadores de telecomunicaciones, como complemento a su oferta de servicios, han subsidiado el costo de los terminales 3G como un incentivo para que los usuarios 2G migren a esta tecnología, lo que les permite liberar y reasignar la capacidad disponible de sus redes 2G. Hoy en día, acciones similares deberán llevar a cabo los operadores de 3G para lograr la migración de los usuarios a 4G.

Como se ha podido observar, las redes 3G, han fomentado el aumento de la brecha entre la demanda de los servicios de voz con respecto a los servicios de datos, lo que podría crecer aún más con la implementación de nuevas tecnologías de 4G y así como con la aparición de nuevos dispositivos móviles. (Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

3.2 Ingreso al país de nuevos operadores de tecnología LTE

Según una publicación del 12 de enero de 2013 del Nuevo Diario (diario nacional), la venta de las bases de licitación para autorizar los Títulos Habilitantes y Frecuencias de la banda 1785-1805 MHz, con la que se ofrecerán servicios de telefonía e internet en toda Nicaragua fue abierta a los interesados en septiembre del año pasado (2012), dicho proceso de licitación tuvo una duración de cuatro meses.

El ICE, que es un consorcio estatal costarricense, Claro Móvil, Telefónica Movistar y Xinwei fueron las empresas que compraron el pliego de bases y condiciones confirmadas por el director de TELCOR, Orlando Castillo.

Supuestamente serían siete los operadores interesados, pero el funcionario público se reservó los nombres de los tres restantes.

En una publicación de La Prensa, se plantea que el proceso de licitación de la banda para telefonía móvil 1785-1805 MHz del ente regulador de las telecomunicaciones, TELCOR, dice que no podrán participar concesionarios previamente establecidos para prestación de servicios que tengan asignados 80 MHz en bandas para brindar telefonía fija, móvil, transmisión de datos, acceso a internet y acceso inalámbrico fijo (router) y móvil (modem), lo cual excluye de hecho a los dos operadores tradicionales en el mercado nacional: Claro y Movistar.

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) desistió formalmente de hacer una oferta en la licitación de la banda 1785-1805 de telefonía celular, aduciendo que solo se trataba de “una exploración”.

Fue el mismo Teófilo de la Torre, presidente ejecutivo del ICE, quien manifestó que “se compró el instructivo para saber el tipo de licitación y los efectos que tendría el concurso”, según reportaron diversos medios de prensa costarricenses. El instructivo al que se refiere De la Torre es el pliego de base y condiciones, cuyo costo fue de tres mil dólares.

Además el proceso de licitación de la banda en cuestión exige que cualquier operador interesado en hacer una oferta deberá documentar una experiencia mínima de dos años como prestador del servicio de telecomunicaciones, utilizando estándares fijos de tercera y cuarta generación, como el sistema de acceso inalámbrico de banda ancha AMDC sincronizada (UIT-R.M.1801-1). El problema con este tipo de tecnologías no radica en su funcionabilidad, sino en que esta es usada solamente en China y el sudeste asiático.

Claro y Movistar operan en Nicaragua por medio de las frecuencias 1900 y 850 MHz respectivamente, con una tecnología denominada HSPA+, necesaria para soportar la red 4G que ofrecen estos operadores, ahora con el auge de los denominados smartphones. Estas empresas o cualquier otra que opere en la

región latinoamericana no necesitan cambiar de tecnología para ofrecer sus planes y servicios. Solo necesitaría actualizarla, por lo que se descartaría de inmediato cualquier cambio a la tecnología exigida por TELCOR en el pliego de bases y condiciones. En cambio Xinwei ya cuenta con esta. (Martínez, La Prensa, 2014)

Nicaragua abrió su mercado de telefonía móvil a una cuarta compañía, Xinwei de la República Popular de China a la que le otorgó licencia tras licitación, informó a medios oficiales, Orlando Castillo, director del Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones y Correos, TELCOR. (Largaespada E., 2014)

Inversión en fases

Según publicaciones del portal informativo 19 Digital, el titular de TELCOR aseguró que al término de tres años la compañía china invertiría U\$S2 mil millones.

Castillo habría dicho en septiembre del año pasado que la inversión que se hará en el campo de las telecomunicaciones en el período 2013-2015 se desarrollaría en tres fases.

La primera etapa se realizará durante este año con una inversión inicial de U\$S700 millones para la instalación de los equipos de la nueva operadora telefónica. (Largaespada E., 2014)

Prioridad en el campo

Para el 2014 se espera otra inyección en el área de la telefonía móvil por el orden de US\$450 millones y al año siguiente completar el resto.

Castillo comentó en ese momento que la comunicación celular y la telefonía fija es casi cero por ciento en el campo, y en la zona semi-rural es un poco, pero la

internet es cero por ciento, por lo que con la entrada de la nueva operadora se pretende ampliar las telecomunicaciones en ese segmento poblacional. (Largaespada E., 2014)

Falta competitividad

El director de TELCOR también refirió que existe falta de inversión en el área de las telecomunicaciones en el país, debido a la poca competitividad en este sector, que es operado únicamente por tres compañías, la mexicana Claro; la española Telefónica Movistar y la rusa Yota. Además, sostuvo que Nicaragua resulta un país rentable para las grandes empresas de telecomunicaciones que al año recuperan hasta US\$100 millones en concepto de utilidades.

El funcionario detalló que mientras Costa Rica y Panamá tienen hasta cuatro empresas por país y El Salvador destaca con cinco, Nicaragua se ha quedado prácticamente con dos compañías. (Largaespada E., 2014)

Ya que según una publicación de La Prensa diario nacional, Yota ha incumplido con su contrato de concesión en lo referente a inversión en telefonía básica (que fue precisamente el factor que más promovieron para justificar su adjudicación), el director de TELCOR, Orlando Castillo, reveló a LA PRENSA el 4 de octubre de 2013 que Yota podía desligarse de cualquiera de los compromisos de inversión, y enfocarse en aquellos que más le interesaban, como ha sido el servicio de conexión a internet. (Martínez, LaPrensaMovil.com, 2014)

Arribo de los primeros equipos de empresa telefónica Xinwei

Según medios de comunicación nacionales, el 15 y 16 de febrero de 2014 el gobierno confirmó que arribaron al país los primeros equipos tecnológicos de la empresa Xinwei radicada en Hong Kong, China, que prevé ofrecer servicios de telefonía móvil a unos tres millones de usuarios.

Autoridades del ente estatal de Telecomunicaciones y Correos de Nicaragua (TELCOR) y de la empresa Xinwei aseguraron que recibieron equipos consistentes en el núcleo de la red que se instalará en el país, servidores, plataforma para suministro de servicios, radios bases, antenas y unidades de banda de alta velocidad.

La empresa Xinwei, propiedad, del empresario chino Wang Jing, anunció que inicialmente la compañía prestará servicio a 240.000 suscriptores, pero se expandirán hasta 3 millones de usuarios en un período no estipulado.

Pablo de la Roca, representante de la transnacional asiática en Nicaragua, aseguró en rueda de prensa que la empresa prevé una inversión de 300 millones de dólares, y busca competir con empresas ya instaladas en los servicios de telefonía fija, móvil e internet con tecnología 4G.

El inicio de operaciones de la compañía creará en una primera etapa al menos 300 plazas de trabajo en los centros de atención al cliente que se abrirán en la capital y en departamentos del país.

En Nicaragua operan tres compañías que ofrecen servicios de telefonía móvil e internet: Yota Nicaragua, de capital ruso y nicaragüense; Claro que pertenece a la compañía mexicana América Móvil, del Grupo Carso y cuyo accionista mayoritario es el magnate mexicano Carlos Slim, y la empresa Movistar de capital español. (Radio La Primerísima, 2014)

Hay 6,8 millones de celulares

El Instituto Nicaragüense de Telecomunicaciones (TELCOR), ente regulador, autorizó en enero de 2013 a Xinwei a que opere en el país centroamericano con los servicios de telefonía celular e internet.

Xinwei, propiedad del empresario chino Wang Jing, a quien el Estado de Nicaragua cedió la concesión del proyecto de construcción de un canal interoceánico por un período de 50 años y otros 50 prorrogables, invertiría 2.000 millones de dólares en los primeros tres años, informó en esa ocasión el ente regulador.

El Gobierno nicaragüense esperaba que Xinwei invirtiera 700 millones de dólares en 2013, sólo para instalarse como empresa, dijo entonces Orlando Castillo, presidente ejecutivo de TELCOR, quien afirmó que la inversión total culminaría a fines de 2015.

El representante de Xinwei en Nicaragua, que no explicó el motivo del atraso en las inversiones, formuló las declaraciones al informar a medios oficiales sobre el arribo al país de siete contenedores con equipos tecnológicos, valorados en 100 millones de dólares.

Xinwei ofrecerá servicios de telefonía fija, móvil e internet con tecnología 4G, de acuerdo con la información oficial. En Nicaragua hay 6,8 millones de móviles, más de uno por habitante, pues la población es de 6,03 millones de personas, según datos oficiales. (Radio La Primerísima, 2014)

Ley No. 843

La No. 843, “Ley que Regula la Ubicación, Construcción e Instalación de Estructuras de Soporte para Equipos de Telecomunicaciones que hacen uso del Espectro Radioeléctrico”, fue aprobada el 27 de junio de 2013 y con ella se pretende que las operadoras de telecomunicaciones, junto con los propietarios de torres, acuerden el alquiler de espacios en sus infraestructuras para la ubicación de más de una antena y así ir disminuyendo el número de las mismas en el territorio.



En cuanto a las sanciones, establece que “en caso de no obedecer a lo ordenado por TELCOR, éste podrá ordenar la detención de la instalación de antena a través de la fuerza pública”. Al igual se establecen multas en el caso de que la empresa operadora insista en instalar antenas en zonas anteriormente prohibidas y hasta se podría suspender la licencia de operaciones. (Ley No. 843, 2014)

Desde cierto punto de vista, la aprobación de la presente Ley puede resultar ventajosa para la compañía de telecomunicaciones Xinwei, que está próxima a operar en Nicaragua y por otro lado las empresas ya presentes en el territorio nacional podrían incurrir en gastos al tener que reubicar algunas de sus estructuras.

CAPÍTULO 4 - CONSIDERACIONES PARA UNA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DE LTE EN MANAGUA, NICARAGUA

En este capítulo se plantean consideraciones relacionadas al impacto técnico de una futura implementación de LTE en la ciudad capital Managua, desde el enfoque de los operadores y de los usuarios, evaluando factores como convergencia, adaptación, cambios, beneficios, entre otros.

4.1 Convergencia a 4G LTE

La importancia de la telefonía móvil en la sociedad de hoy es clara. Las redes móviles han permitido grandes avances y cambios en las telecomunicaciones en las últimas dos décadas, pasando por la Primera y Segunda Generación (1G) y (2G), donde apareció GSM, que fue la que consiguió que su uso se generalizara. Luego las tecnologías de tercera generación (3G) con WDCMA/HSPA, que ha sido por varios años el estándar más ampliamente extendido en el mundo, ofrecen velocidades significativamente más altas que las tecnologías de segunda generación (2G). (Chimbo Rodríguez, 2014)

Los operadores móviles han llegado a dominar la industria, ofreciendo a sus subscriptores un servicio conjunto tan rico como sus competidores cableados. Pero todavía hay más oportunidades para que los operadores inalámbricos capten mayor mercado frente a la creciente demanda de banda ancha inalámbrica. El siguiente pasó en la evolución hacia las Redes de Cuarta Generación o 4G se conoce como Long Term Evolution.

Actualmente se menciona que la convergencia es inevitable para ser competitivo, que 4G LTE es el futuro de la telefonía móvil. La adopción de tecnologías IP en distintos sectores de la economía como las telecomunicaciones, los medios de difusión y los sistemas de información fortalecen la convergencia de estos medios. Se espera que en el futuro, las

actuales fronteras entre las distintas infraestructuras de servicios vayan desapareciendo. Como en el caso de las redes de telecomunicaciones, donde la convergencia entre fijos y móviles se empieza a constatar, siendo IMS (IP Multimedia Subsystem) el catalizador para dicha integración. (Chimbo Rodríguez, 2014)

Subsistema Multimedia IP (IMS) o IP Multimedia Subsystem

Es un conjunto de especificaciones que describen la arquitectura de las redes de siguiente generación (Next Generation Network, NGN), para soportar telefonía y servicios multimedia a través de IP. Más concretamente, IMS define un marco de trabajo y arquitectura base para tráfico de voz, datos, video, servicios e imágenes conjuntamente a través de infraestructura basada en el ruteo de paquetes a través de direcciones IP. Esto permite incorporar en una red todo tipo de servicios de voz, multimedia y datos en una plataforma accesible a través de cualquier medio con conexión a internet, ya sea fija, o móvil. Sólo requiere que los equipos utilicen el protocolo de sesión SIP (Session Initiation Protocol) que permite la señalización de sesiones. (Wikipedia, 2014)

Redes de Nueva Generación – NGN

El concepto de Redes de Nueva Generación (NGN) se ha visto potenciado con la demanda de mayores anchos de banda y con el despliegue de nuevas infraestructuras de acceso para incrementar el ancho de banda disponible para los usuarios.

La migración hacia NGN constituye un elemento fundamental para lograr la convergencia de redes y servicios, y específicamente para desarrollo de la banda ancha. Esta migración consiste en pasar de las redes PSTN (The Public Switched Telephone Network) ó RTPC (Redes Telefónicas Públicas Conmutadas), basadas en voz a NGN basadas en el protocolo IP.

La migración hacia NGN no significa la sustitución total de las redes ya existentes, sino por el contrario, la integración de las redes de telefonía convencionales. Esto significa que las redes tradicionales pueden evolucionar, adaptarse y hacer parte de las NGN, para mantener las inversiones. La modernización de acceso es la base para proveer los nuevos servicios y aplicaciones (datos, voz y multimedia) en la misma red.

Diagrama general de una Red de Nueva Generación (NGN)

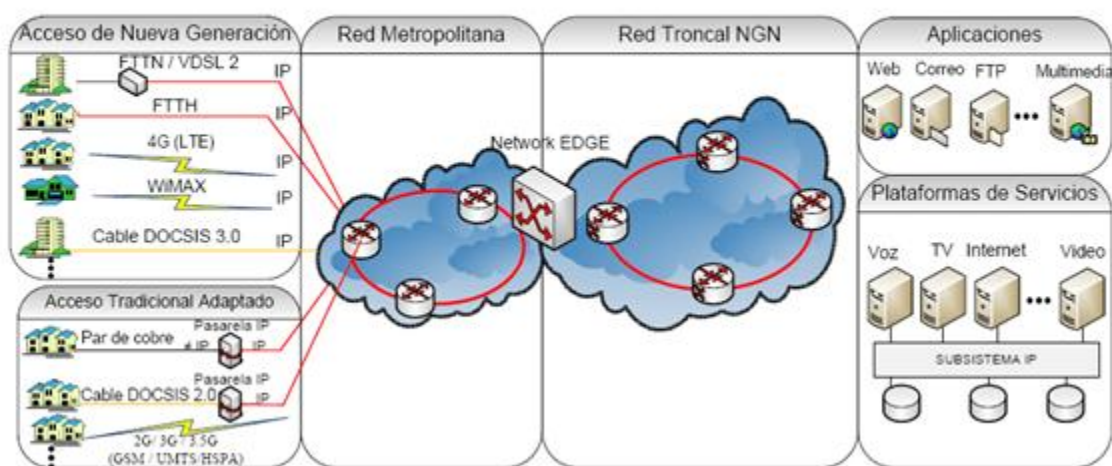


Figura 57. Diagrama general de una Red de Nueva Generación (NGN).

(Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

La figura anterior pretende mostrar que la demanda de mayores anchos de banda requiere la transformación de las redes tanto a nivel troncal, como a nivel de acceso, siendo esta última la que requiere una mayor inversión y esfuerzo por parte de los agentes implicados. (Montealegre Alfaro , Salas Cascante, Acuña Quirós, & Salazar Jara, 2014)

4G debe multiplicar la velocidad de transferencia, tener gran movilidad, dar conectividad a otras redes y tecnologías, y posibilitar servicios avanzados. Hay dos conceptos fundamentales en los que se sustenta el éxito de las redes de telefonía de 4G: el modelo de banda ancha móvil y la convergencia de redes. La

primera se basa en el éxito de su homóloga en las redes fijas. La convergencia de redes tiene tres directrices: convergencia hacia la tecnología IP, integración de diferentes redes y convergencia de capa de servicios. (Chimbo Rodríguez, 2014)

4.2 Migración a 4G LTE

Tabla 8. Migración GPRS a UMTS (Chimbo Rodríguez, 2014)

Migración desde GPRS a UMTS		
Elementos reusados de la red GPRS	Elementos no reusado de GSM	Elementos de red introducidos por UMTS
Home Location Register (HLR)	Base Station Controller (BSC)	Node B (Base Transceiver Station)
Visitor Location Register (VLR)	Base Transceiver Station (BTS)	Radio Network Controller (RNC)
Equipment Identity Register (EIR)		Media Gateway (MGW)
Mobile Switching Center (MSC)		
Authentication Center (AUC)		
Serving GPRS Support Node (SGSN)		
Gateway GPRS Support Node (GGSN)		

Tabla 9. Comparación de los métodos de Acceso a Internet Móvil. (Chimbo Rodríguez, 2014)

Comparación de los Métodos de Acceso a Internet Móvil						
Estándar	Familia	Uso Primario	Técnica de radio	DL (Mbits/s)	UL (Mbits/s)	Notas
EDGE Evolution	GSM	Internet Móvil	TDMA/TDD	1.6	0.5	Release 7 del 3GPP
UMTS W-CDMA HSDPA HSUPA HSPA+	UMTS/3G SM	General 3G	CDMA/TDD CDMA/TDD/MIMO	0.384 14.4 56	0.384 5.76 22	HSDPA ampliamente desplegado. Velocidades típicas en el enlace descendente 2Mbps – 200kpbs en el ascendente. HSPA+ con un enlace descendente hasta de 56Mbps



UMTS-TDD	UMTS/3GSM	Internet Móvil	CDMA/TDD	16		Reporta velocidades de acuerdo a IPWireless usando una modulación 16 QAM similar a HSDPA + HSUPA
LTE	UMTS/4GSM	General 4G	OFDMA/MIMO/SC-FDMA	100 (En 20 MHz de ancho de banda)	50 (En 20 MHz de ancho de banda)	LTE Advanced ofrecerá velocidades máximas de 1Gbps y velocidades fijas de 100Mbps.

Tabla 10. Diferencias de Topología entre UMTS y LTE. (Chimbo Rodríguez, 2014)

Diferencias de topología entre UMTS y LTE	
En UMTS	En LTE
La arquitectura de acceso radio o UTRAN básicamente está compuesta por las Estaciones Base o Nodos B, conectadas mediante el interface lub al RNC. Por su parte el RNC se conecta al Núcleo de Red mediante los interfaces lu-CS e lu-PS a los dominios de circuitos y paquetes respectivamente.	Se propone la introducción de EUTRAN, donde la diferencia más significativa con UTRAN es la eliminación de los RNCs al incorporar nodos B evolucionados a los que se les añaden las funcionalidades que hasta ahora realizaban estos. Dichos eNBs se conectarán a través del interface S1 al Núcleo de Paquetes evolucionado o EPC, mientras que mediante el interface X2 se interconectan con otros eNBs adyacentes para permitir los trasposos intercelulares o Inter-handover.
El Núcleo de Red dispone de los dominios de Conmutación de Circuitos y de Conmutación de Paquetes.	La convergencia de los servicios de voz y datos proporciona el transporte de todo tipo de tráfico mediante una arquitectura basada en IP e incorpora el concepto de “red plana”.

Para alcanzar el proceso migratorio; UMTS y LTE deben coexistir en la Cuarta Generación móvil, a continuación se presenta la Arquitectura propuesta para lograr dicho fin.

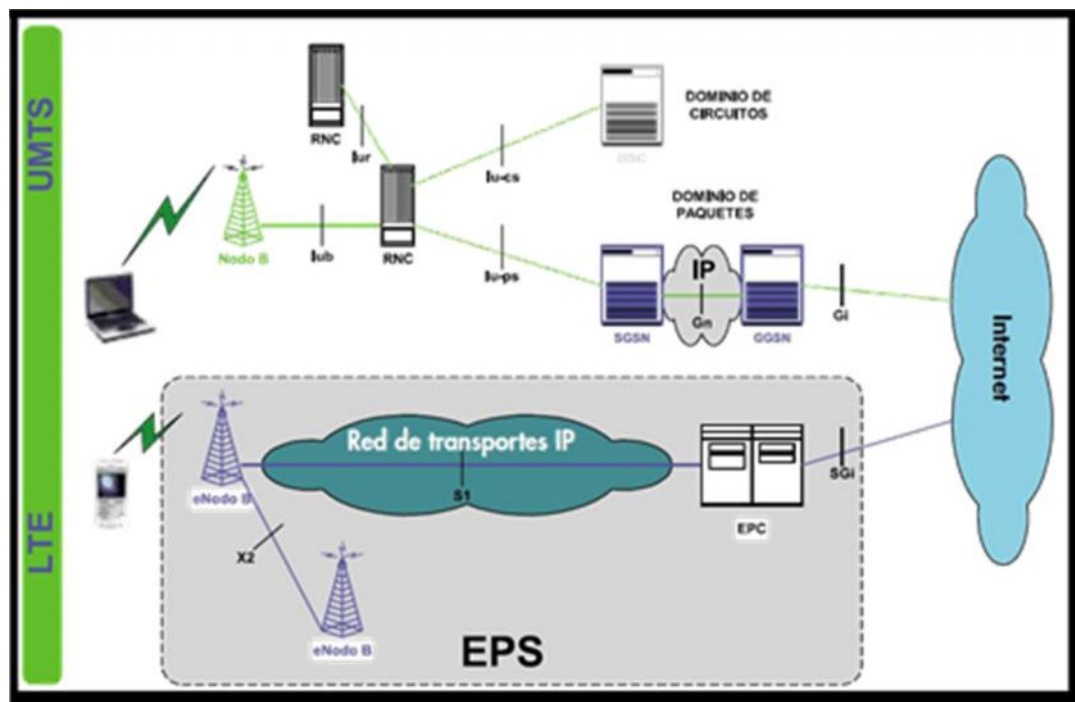


Figura 58. Arquitectura UMTS y LTE. (Miñarro López, 2009)

4.2.1 Propuesta de equipos de red y terminales de usuario para la implementación de LTE

En este apartado se analizará un punto clave en la migración hacia LTE, se trata de los terminales tanto para la red como para los usuarios, estos deben satisfacer los exigentes requisitos para proporcionar una experiencia de banda ancha móvil capaz de alcanzar altas tasas de transferencia y dar una mejor experiencia al usuario.

En Managua, los operadores aún proveen servicios de generaciones anteriores. Por consiguiente, los dispositivos deben ser capaces de operar en una combinación de tecnologías, incluida LTE.

En vista de que los volúmenes de señalización de la red troncal de paquetes son significativamente mayores que en las redes troncales de 3G existentes. Esto se

debe en parte a que la arquitectura Todo IP de LTE es más plana, los equipos deben desplegar una plataforma de MME /Nodos de Soporte GPRS de Servicio (SGSN) de nueva generación y de calidad de operador que no sólo tenga una alta capacidad, potencia de procesamiento de CPU y capacidad de ampliación, sino que además tenga la posibilidad de gestionar este tráfico de un modo inteligente para reducir la señalización global de la red troncal. A continuación se indican algunos de los equipos de red propuestos por los fabricantes de marca Huawei, Alcatel Lucent y Cisco, así como modelos de red que incluyen estos equipos para la implementación LTE.

4.2.1.1 HUAWEI

Hay equipos marca Huawei para la red troncal y la red de núcleo.

EQUIPOS PARA LA RED DE NÚCLEO (EPC)

➤ eWBB2.0 USN9810

El eWBB2.0 USN9810 o denominado USN9810 es un nodo de servicios unificados desplegado por HUAWEI. Se aplica solo a sistemas de Redes Core Avanzadas de Paquetes (EPC). El USN9810 lleva a cabo las funciones de entidad de gestión de movilidad (MME) y proporciona la gestión integrada de autenticación de usuarios, que forma parte de las funcionalidades del Evolución de la Arquitectura del Sistema-Servidor Local de Abonados (SAE-HSS).



Figura 59. eBBB2.0 USN9810. (HUAWEI, 2014)

En la siguiente figura podemos ver el entorno de red que propone HUAWEI para implementar LTE / EPC.

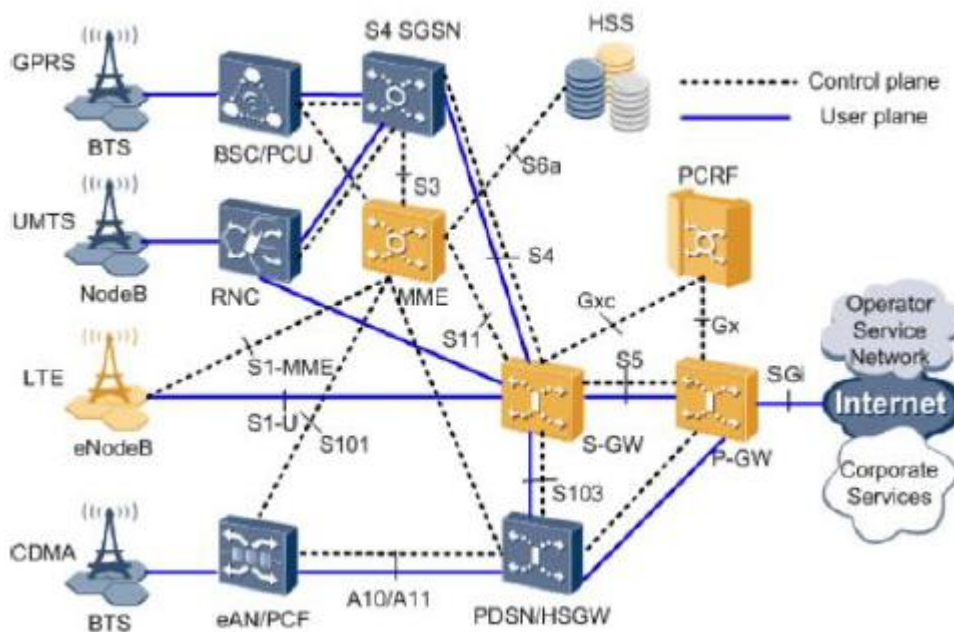


Figura 60. Entorno de Red en la Solución de Huawei LTE / EPC. (HUAWEI, 2013)

Entre sus características esta ofrece una alta integración, el USN9810 admite un máximo de 20.000 suscriptores E-UTRAN conectados al mismo tiempo, alta fiabilidad, alta escalabilidad, gestión eficiente, fácil operación y mantenimiento, alta confiabilidad.

➤ **UGW9811**

El UGW9811 como podemos ver en la figura 61 diseñado para su uso en el sistema de núcleo de paquetes evolucionado (EPC) solamente. El UGW9811 combina las funciones del S-GW y del PDN (P-GW).

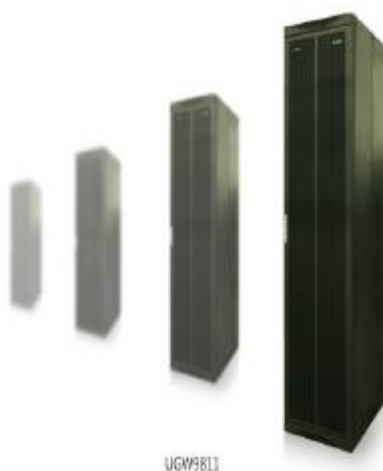


Figura 61. Equipo UGW9811. (HUAWEI, 2014)

En la siguiente figura podemos ver un modelo de red implementado con el equipo UGW9811.

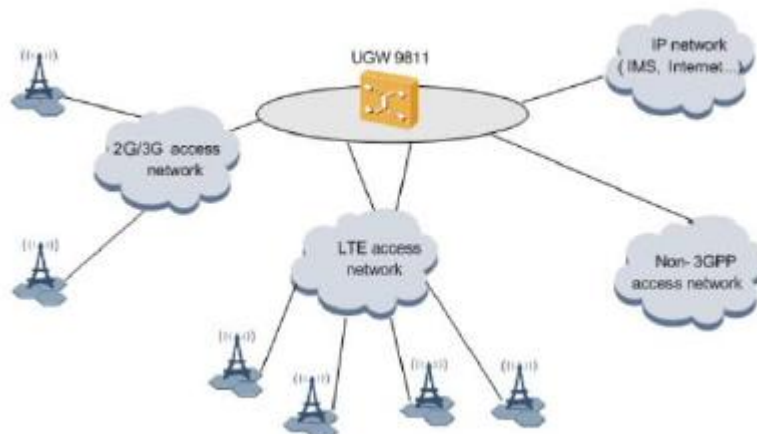


Figura 62. Escenario de Aplicación de UGW9811. (HUAWEI, 2013)

➤ iManager M2000 NMS

El iManager M2000 gestiona centralmente elementos de la red móvil, incluyendo LTE / EPC. La M2000 proporciona funciones básicas tales como la gestión de configuración, gestión del rendimiento, gestión de fallos, gestión de seguridad, gestión de registros, gestión de topología, software de gestión y administración del sistema, lo podemos ver en la siguiente figura.



Figura 63. iManager M2000 NMS. (HUAWEI, 2014)

➤ **eCNS600**

El eCNS600 trabaja como la red central de LTE, que integra la función de MME, S-GW/P-GW y HSS, lo podemos ver en la figura.

Características:

- Soporte máximo de 500 eNB y 4 Gbps de rendimiento.
- Armarios apilables para ampliación de la capacidad.
- Alta confiabilidad.



Figura 64. eSCN230. (HUAWEI, 2014)

En la figura 65 podemos ver el escenario de la red con el equipo eCNS230.

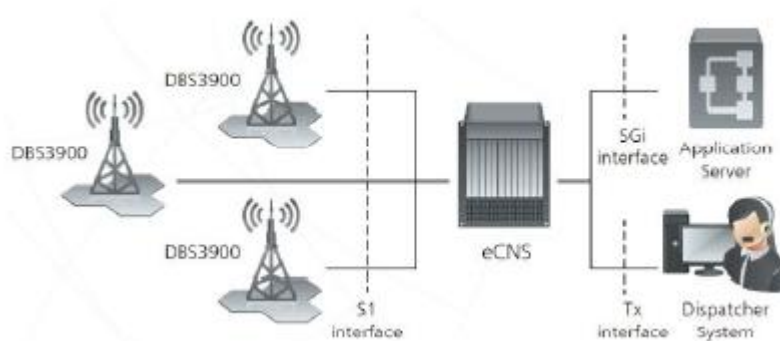


Figura 65. Escenario de eSCN230. (HUAWEI, 2013)

EQUIPOS PARA LA RED TRONCAL (E-UTRAN)

➤ DBS3900

HUAWEI ofrece un Nodo B evolucionado (eNB), el cual soporta múltiples tecnologías de acceso de radio (GSM, UMTS, CDMA, TD-SCDMA y LTE), soporta un máximo de 3000 usuarios por eNB, en el enlace descendente se puede alcanzar 173Mbps con una configuración MIMO 2x2, modulación 64 QAM y en un ancho de banda de 20 MHz, mientras que en el enlace ascendente se pueden alcanzar 84 Mbps con 1x2 SIMO, 64 QAM en 20 MHz por celda, su marca comercial es DBS3900, como lo podemos ver en la figura .

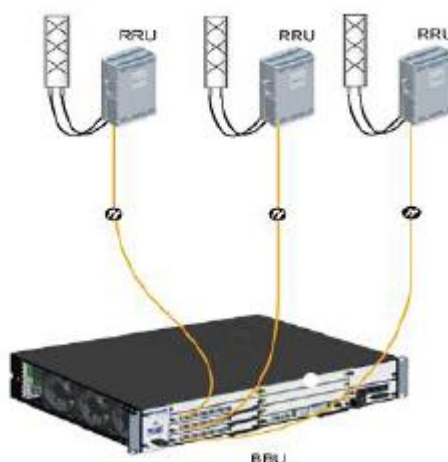


Figura 66. DBS3900. (HUAWEI, 2013)

El eNB realiza principalmente de gestión de recursos de radio (RRM) funciones como la gestión de la interfaz aérea, control de acceso, control de la movilidad, y el equipo de usuario (UE) de la asignación de recursos. Múltiples eNBs constituyen un sistema de E-UTRAN.

El DBS3900 tiene sólo dos tipos de módulos básicos: unidad de banda base (BBU3900) y la unidad de radio remota (RRU), que puede ser configurado con flexibilidad para cumplir los requisitos en diferentes escenarios de uso. Además,

el DBS3900 cuenta con un tamaño pequeño, bajo consumo de energía, instalación flexible y fácil implementación del sitio.

Por lo tanto, la BBU3900 se puede instalar fácilmente en un espacio libre en un sitio existente. La RRU es compacta y ligera. Puede ser instalada cerca de una antena de acortar la longitud de alimentación y mejorar la cobertura del sistema.

La figura 67, muestra los escenarios típicos para la instalación de los DBS3900 tanto en exteriores como en interiores, respectivamente.

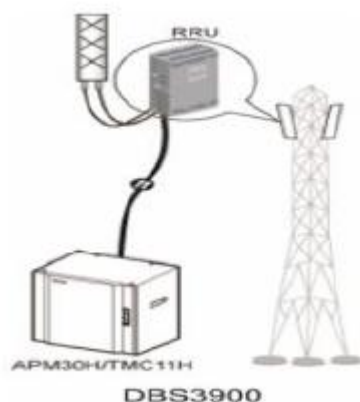


Figura 67. Escenario de instalación del DBS3900. (HUAWEI, 2013)

4.2.1.2 ALCATEL LUCENT

➤ Alcatel Lucent 7750 Service Router

Es un router multiservicio que tiene plataforma optimizada para ofrecer servicios LTE, provee un software de alta disponibilidad y una arquitectura de hardware que permite a los operadores brindar la capacidad exacta a los servicios que se presenten en su infraestructura.

El SR7750 provee la capacidad de servicios integrados necesaria y el espacio para el procesamiento de paquetes para permitir a los proveedores de servicio incrementar cuentas de suscriptores y ancho de banda sin incurrir en gastos de

capital exponencial, de servicios de telefonía móvil en una plataforma de extremo IP, tiene funciones de GGSN, S-GW y P-GW, lo podemos ver en la figura 68.



Figura 68. Equipo Alcatel Lucent 7750 Service Router. (ALCATEL-LUCENT, 2014)

➤ **9471 WMM**

El Alcatel-Lucent 9471 Gestor de Movilidad inalámbrica (WMM) es el Nodo de Soporte de GPRS y Entidad de Gestión de la Movilidad (SGSN / MME) en la red de núcleo de paquetes inalámbrica convergente. Se lleva a cabo la señalización de gestión de la movilidad y de la sesión y de conmutación para redes de acceso LTE GSM, WCDMA y de paquetes de datos, lo podemos ver en la figura 69.



Figura 69. Equipo Alcatel Lucent 9471 WMM. (ALCATEL-LUCENT, 2014)

➤ **9100 Estación Base Multi Estándar**

La Estación Base Multi-Standard Alcatel-Lucent 9100 (9100 MBS) es una gama de estaciones base multi-tecnología que ofrecen una gran escalabilidad y un rendimiento excelente radio en un diseño compacto. Los MBS 9100 permite a los proveedores de servicios desplegar GSM / EDGE, WCDMA / HSPA + y LTE, solos o simultáneamente. Incluye una amplia gama de armarios de estaciones base para cualquier tipo de cobertura, la capacidad y el medio ambiente. (ALCATEL-LUCENT, 2014)

➤ **9412 eNodeB Compact**

El 9412 eNodeB Compact es una solución de alta capacidad, sirve para desplegar redes LTE ofreciendo una mayor flexibilidad, está diseñado para integrarse en redes existentes.



Figura 70. Equipo 9412 eNodeB Compact. (ALCATEL-LUCENT, 2014)

➤ **9226 Base Station Compact**

La estación base de Alcatel-Lucent que permite a los operadores que brindan servicios inalámbricos migrar a la siguiente generación de la tecnología LTE con la máxima reutilización de equipos. (ALCATEL-LUCENT, 2014)

➤ **7500 Serving GPRS Support Node (SGSN)**

El Alcatel-Lucent 7500, Nodo de Soporte GPRS (SGSN) es un elemento clave ya que proporciona las funciones de gestión de paquetes IP y la movilidad de los usuarios finales móviles de banda ancha. Construido sobre una plataforma estándar de la industria escalable y de alto rendimiento, el 7500 SGSN proporciona la flexibilidad necesaria para soportar GPRS / EDGE, HSPA / HSPA+, ofrece un núcleo de paquetes para redes móviles que soporta los requisitos de capacidad de ancho de banda orientándose hacia la evolución a largo plazo (LTE) en el futuro.



Figura 71. Equipo 7500 Serving GPRS Support Node (SGSN). (ALCATEL-LUCENT, 2014)

➤ **5780 Dynamic Services Controller (DSC)**

El 5780 Servicios de control dinámico de Alcatel-Lucent (DSC) es una plataforma basada que permite a los proveedores de servicio desplegar servicios de forma rápida y sencilla con un alto rendimiento, escalabilidad, flexibilidad y facilidad de mantenimiento. Con su módulo de control de la política, el 5780 DSC proporciona la Política y Normas Función de carga (PCRF) de 3G/4G redes inalámbricas y de acceso de telefonía fija. Con este módulo, los proveedores de servicios pueden ofrecer servicios innovadores y personalizados para monetizar sus redes.



Figura 72. Equipo 5780 Dynamic Services Controller (DSC). (ALCATEL-LUCENT, 2014)

Un modelo de red implementado con equipos Alcatel Lucent lo podemos ver en la figura 73.

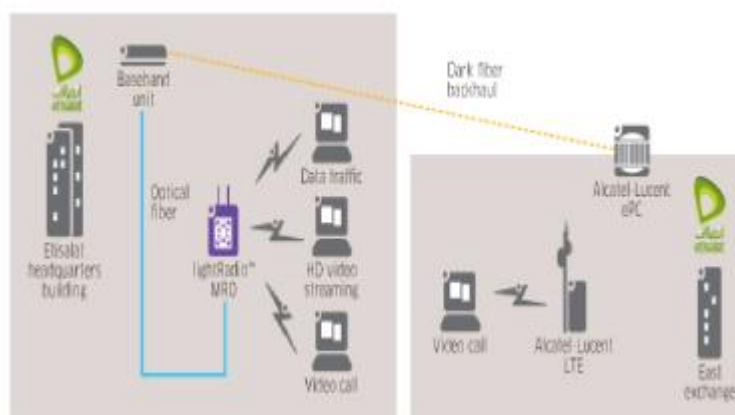


Figura 73. Red con el Equipo 5780 Dynamic Services Controller (DSC). (ALCATEL-LUCENT, 2014)

De esta manera cambia la forma de cómo se diseñan, despliegan y gestionan las redes al reunirse en una combinación exclusiva acceso radio (macro celdas, celdas pequeñas y WiFi), transporte/backhaul IP avanzado, y núcleo.

4.2.1.3 CISCO

En vista de que muchos operadores ya están planificando sus redes de núcleo 4G. Cisco tiene estrategias y soluciones que mejoran las redes 3G existentes y satisfacen los requisitos de la red 4G EPC.

➤ CISCO ASR 5000

La plataforma de núcleo multimedia Cisco ASR 5000 simplifica la migración hacia el núcleo EPC de LTE a través de una actualización de software, sin requerir grandes cambios o equipos. Cisco ASR 5000 puede actuar ya sea de forma independiente o integrar en una sola plataforma las entidades:

- Cisco MME Mobility Management Entity.
- Cisco PGW Packet Data Network Gateway.
- Cisco SGW Serving Gateway.
- Cisco ePDG Evolved Packet Data Gateway.
- Cisco SGSN Serving GPRS Support Node versión 8.
- HRPD Serving Gateway.

En la figura 74 podemos ver un equipo CISCO ASR 5000.



Figura 74. Equipo CISCO ASR 5000. (CISCO, 2014)

Todas las capacidades de la serie ASR 5000 se han desarrollado en base a las necesidades del internet móvil de la próxima generación.

Las dos plataformas de Cisco ASR 5000 Series, el ASR 5000 y ASR 5500, ofrecen rendimiento de una manera simple y rentable. Estas plataformas dan a los operadores la capacidad de ampliar el rendimiento de la red, aumentar los ingresos, y reducir los costos, entre sus características tenemos:

- Flexibilidad.
- Escalabilidad.
- Inteligencia.

Una red implementada con equipos CISCO ASR 500 quedaría de la siguiente manera:

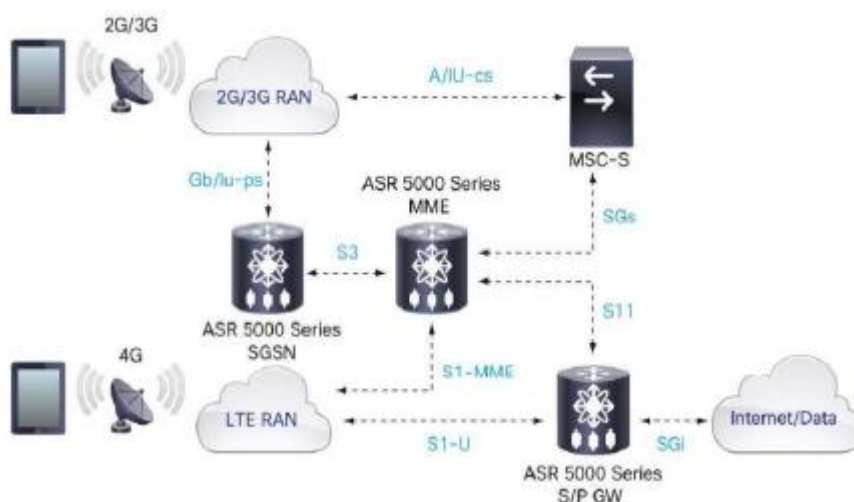


Figura 75. Red LTE con Equipos Cisco. (CISCO, 2013)

EQUIPOS PARA EL USUARIO EN LA RED LTE

En la actualidad con el despliegue de la tecnología como es 4G es necesario que los equipos de usuario sean compatibles a los requerimientos técnicos de LTE, a continuación se describen algunos de los equipos de usuario que pueden operar en dicha red.

MODEMS

➤ EA100

HUAWEI EA100 (figura 76) es un equipo terminal del abonado LTE. Como puerta de entrada inalámbrica, el EA100 puede desplegarse en interiores y se debe utilizar con la eA660.



Figura 76. ModemEA100.

Fuente: Huawei Enterprise “EA100” (2013). (HUAWEI, 2014)

El EA100 obtiene señales del eA660 mediante un cable de red para ofrecer VoIP, acceso inalámbrico y otros servicios de Internet, en la figura 77, podemos ver su escenario de aplicación.



Figura 77. Escenario de aplicación de EA100. (HUAWEI, 2014)

➤ **Samsung GT-B3710 LTE USB**

Modem Samsung GT-B3710 es compatible con la última de 3GPP estándar LTE y también con 2G/EDGE en 900MHz/1800MHz, Samsung GT-B3710 módem 4G se conecta al ordenador a través de USB 2.0. Este módem ofrece un máximo de carga de 100/50 Mbps para los usuarios 4G.



Figura 78. Samsung GT-B3710. (HUAWEI, 2014)

➤ **LG M13 LTE Modem**

Trabaja en la cuarta generación de red LTE, la velocidad máxima de descarga puede tener 70M y 20M velocidad de subida.



Figura 79. LG M13 LTE Modem. (HUAWEI, 2014)

➤ **Huawei E392, modem USB 4G LTE y HSPA+**

El modem Huawei E392 mediante puerto USB permite la conexión al ordenador dentro del area de cobertura de las redes LTE/HSPA+/UMTS/EDGE/GPRS y GSM, El modem E392 es rápido y fácil de operar.



Figura 80. USB E392. (HUAWEI, 2014)

➤ CELULARES Y TABLETS

En la tabla 11. , podemos ver una lista de algunos terminales con tecnología LTE.

Tabla 11. Terminales que soportan tecnología LTE.

EQUIPO	FIGURA
Samsung <ul style="list-style-type: none"> ▪ Galaxy S4 ▪ Galaxy S3 ▪ Galaxy Note 2 	
Apple <ul style="list-style-type: none"> ▪ Iphone 5 ▪ iPad mini ▪ iPad de cuarta generación 	
HTC <ul style="list-style-type: none"> ▪ HTC One 	
Sony <ul style="list-style-type: none"> ▪ Xperia Z ▪ Tablet Xperia Z 	
LG <ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimus G 	
Nokia <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lumia 920 ▪ Lumia 820 ▪ Lumia 928 	
Huawei <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ascend P2 ▪ Ascend G526 	
Blackberry <ul style="list-style-type: none"> ▪ BlackBerry Z10 	

Como podemos ver existe una amplia gama de dispositivos para los usuarios finales LTE, estos dispositivos permitirán a los usuarios disfrutar de la banda ancha móvil, tener experiencias a velocidades increíbles y disfrutar de contenidos variados y aplicaciones.

Pero lo importante es que el sistema, debe permitir el uso en la nueva Red de terminales de todas las marcas que cumplan con las normas GSM, UMTS, HSPA, HSPA PLUS & LTE.

El propósito de detallar tanto los equipos de red como los equipos de usuarios para la tecnología LTE, es dar a conocer la factibilidad que tienen las operadoras de implementar 4G y los usuarios de disfrutar de esta tecnología.

Se puede definir de manera rápida el grado de aceptación de esta nueva tecnología en el usuario final, ya que en gran parte del mercado de clases sociales diferentes, tiene buena aceptación, viéndose reflejado en la mayoría de las personas que disponen de un dispositivo celular. Actualmente el uso que se le da a este equipo es para múltiples funciones que necesitan del acceso a internet, convirtiéndose en una necesidad de los usuarios y creando una amplia demanda de servicios con mayor calidad en cuanto a conectividad y velocidad.

A medida que los equipos ofrecen más funciones su precio aumenta, el valor de un dispositivo de 4G tiene actualmente un costo elevado, sin embargo se espera que más adelante este valor disminuya y que los usuarios puedan tener acceso a ellos.

4.2.2 Comparativas de migración de los usuarios

Tabla 12. Comparativa entre generaciones móviles (Chimbo Rodríguez, 2014)

Generación	Requerimientos	Comentarios
1G	Tecnología Analógica. No hay requerimientos oficiales.	Desplegado en los años 1980.
2G	Tecnología Digital. No hay requerimientos oficiales.	Desplegado en los 1990. Primeros sistemas digitales. Nuevos servicios como SMS y datos a baja velocidad. Principales tecnologías de interfaz de aire: TDMA, CDMA y GSM.
3G	UIT acuerda que IMT-2000 requiere 144 kbps en movilidad, 384 kbps caminando y 2 Mbps en interiores.	Principales tecnologías: CDMA2000 1X/EVDO y UMTS-HSPA, WiMAX aprobado como tecnología 3G.
4G (Designación técnica inicial)	UIT acuerda que los requerimientos para IMT-Advanced incluyen posibilidad de operar en canales de radio de hasta 40 MHz y con una muy alta eficiencia espectral.	La tecnología desplegada comercialmente hoy no cumple con los requerimientos de la UIT para IMT-Advanced. IEEE 802.16m y LTE Advanced están siendo diseñados para cumplir con los requerimientos.

4G (Designación de Mercadeo Actual)	Son sistemas que exceden significativamente las capacidades iniciales de redes 3G. No hay requerimientos cuantitativos.	HSPA+, LTE, y WiMAX satisfacen este requerimiento.
--	---	--

Las dos categorías de aplicaciones móviles más importantes de América del Norte y América Latina durante períodos pico son: entretenimiento en tiempo real y navegación web. Todos los estudios realizados nos presentan un escenario final que exhibe la ascendencia de internet. Incluso para el 2015, según Morgan Stanley de Ericsson, el crecimiento del uso de los datos móviles alcanzarán niveles tan elevados que igualará los niveles de uso característicos de las PC. (Chimbo Rodríguez, 2014)

Los resultados arrojados por los estudios realizados en 2011 son muy cercanos a la realidad del año 2014, ya que el uso del internet ha crecido tanto, que los datos móviles son tan utilizados como las PC y en un plazo no tan largo podrían ser más utilizados que estas.

4.3 Beneficios de LTE para la comunicación móvil en la ciudad de Managua

- Será habitual realizar llamadas a través Internet, permitiendo que los teléfonos con tecnología 4G funcionen en la red. De igual manera las videoconferencias, debido a las capacidades de banda ancha y alta calidad con la que se podrán establecer videollamadas. Celebrar reuniones, conferencias de prensa, o incluso juntas, serán más fáciles y habituales.
- La evolución a 4G, prestaría las facilidades para el opcional (en dependencia de los intereses del empleador) inicio del teletrabajo, pues un teletrabajador tendría una comunicación bastante directa con el resto del personal, con el subsiguiente ahorro en espacio y oficinas. El hecho que el teletrabajador pueda descargarse desde casa datos y vídeos a mayor velocidad, también supondrá un ahorro económico, además de una optimización significativa del trabajo.
- El tener que acudir físicamente a lugares remotos se reducirá notablemente, salvo para casos de enorme necesidad. La ventaja es doble, pues además de ahorrar dinero, no se perdería tiempo al desplazarse.
- La mayor calidad de la comunicación, representa un gran avance para evitar la distorsión de datos. El ponerse de acuerdo con cada interlocutor es mucho más sencillo si mejora la calidad del sonido. Las imágenes serán también de una gran nitidez.

- El contar con mayor ancho de banda y de acceso generalizado permitirá a las tecnologías móviles tener mayor fuerza en la sustitución de la banda ancha fija, como también acceso a más servicios para los usuarios.
- El desarrollo de las nuevas comunicaciones es todo IP, la arquitectura se enfoca en la baja latencia de las redes planas que comprimen menos nodos de redes, en comparación con las redes jerárquicas tradicionales.
- El manejo de los servicios móviles no estará bloqueado por redes específicas. Así cualquier servicio será capaz de acceder a cualquier red, lo que estará sujeto solamente a limitaciones de plataformas tecnológicas.
- Rápido desarrollo en el tiempo, basado en conceptos de mejor colaboración y soluciones efectivas. Parte de la adaptación de los modelos de internet, envuelve un acercamiento más colaborativo y ofrecimiento de nuevos servicios.
- Modelos de retorno flexibles. Los proveedores no se estancan en un único modelo, pues con la dinámica de precios, los servicios se basan en suscripciones, de acuerdo al contenido *“pay per view”*. (Chimbo Rodríguez, 2014)

CONCLUSIONES

El modelo LTE presenta características novedosas con las cuales pretende ser una tecnología segura y estable, ya que permite la explotación de las condiciones del canal radio de forma eficiente, resultando en un incremento importante de la capacidad del sistema optimizando la potencia necesaria, además mejora la latencia y la capacidad de la red.

La implementación de la emergente tecnología (LTE) en Managua proporcionaría a todos los usuarios una gran flexibilidad para intercomunicarse estén donde estén, y permitiría a muchos dispositivos interconectarse para alcanzar un rendimiento y una calidad de servicio óptimos, por lo que el beneficio más evidente para el usuario sería una mayor velocidad de descarga y subida, por más simple que parezca, es un beneficio muy importante, puesto que ha surgido una nueva gama de servicios que demandan capacidades y prestaciones superiores a las que proporcionan las redes móviles actuales; por lo que su arquitectura de red plana la convierte en la solución para los problemas de capacidad y conectividad, ofreciendo altas velocidades de transmisión y permitiendo la interoperabilidad con otras redes de tecnologías 3GPP, debido a que es una tecnología inalámbrica basada en IP, con una infraestructura diseñada para ser tan simple como sea posible de implementar y operar.

La principal ventaja con respecto a las tecnologías predecesoras (GPRS, UMTS, HSPA, HSPA+) es que se realiza planificación dinámica en frecuencia, es decir, se analiza el comportamiento del canal y se asignan a los usuarios aquellos bloques de recursos con mejores condiciones y sin desvanecimientos. Otra ventaja del planificador es que permite hacer una adaptación rápida del enlace según las variaciones del canal, ajustando los esquemas de modulación y codificación para maximizar el rendimiento.

Con velocidades de descarga de hasta 60 Mbps y envíos de información de hasta 40 Mbps, la tecnología LTE brindaría a los usuarios la capacidad de recibir streaming de alta definición en tiempo real, sin cortes ni tiempo de buffer y ahora mismo es 6 veces más veloz que HSDPA y 8 veces más rápido que el HSUPA.

Durante la realización de este análisis, se identificaron elementos de una red LTE que hacen posible que esta nueva tecnología pueda coexistir con redes de telefonía móvil existentes, permitiendo así a los usuarios utilizar redes GSM, UMTS y LTE utilizando un solo dispositivo móvil.

LTE se integra completamente con las redes 2G y 3G, que son las redes más extendidas en el mundo, ya que su arquitectura permite una introducción progresiva a partir de soluciones predecesoras, siendo posible reutilizar ciertos nodos y estaciones bases mediante simples actualizaciones remotas de software. Lo que crea infinitas posibilidades para los operadores, creadores de contenido y usuarios.

Sin embargo, el valor de inversión para el despliegue es elevado, por lo tanto, las operadoras esperarían masificar el uso de la banda ancha móvil con las redes LTE para así reducir los costos tanto en dispositivos finales (módems o smartphones) como en los servicios. En la actualidad los operadores en el país ofrecen continuamente planes o promociones en telefonía y paquetes de datos que mejoran las tarifas existentes, dando como resultado mayor número de usuarios conectados, apoyando así su crecimiento a nivel nacional lo que podría beneficiar el despliegue de la nueva tecnología.

Finalmente podemos decir que LTE sería la evolución natural de los actuales sistemas de telecomunicaciones móviles que demanda la sociedad de la información en su continuo avance, tanto para los usuarios finales como para los fabricantes y suministradores de tecnología, operadores de telecomunicaciones y empresas del sector.

RECOMENDACIONES

El alcance de esta monografía está limitado al análisis técnico sobre LTE y se pretende que sea una puerta para posteriores estudios, por lo que proponemos continuar con investigaciones y estudios pertinentes (propuestas de costos, factibilidad de implementación, diseño de red, impacto social y económico etc.), con respecto a redes 4G LTE para su pronta implementación en la ciudad de Managua y posterior expansión a todo el territorio Nicaragüense de ser posible.

Si ya se han hecho estos estudios acerca de la nueva red, se recomienda comprobar los resultados arrojados, realizando pruebas de campo, las mismas que permitirán evaluar el funcionamiento real o simulado de la red, permitiendo optimizar la misma para que tenga un desempeño óptimo en el futuro.

A TELCOR, se recomienda aplicar la Ley No. 621 (Ley de acceso a la información pública) a empresas estatales, públicas, mixtas y privadas que hacen uso de recursos públicos, debido a que nos fue difícil acceder a publicaciones recientes de monografías, noticias, nuevas propuestas o avances de las operadoras, ente regulador de la telecomunicaciones, o cualquier otro organismo relacionados al tema.

“Artículo 1.- La presente Ley tiene por objeto normar, garantizar y promover el ejercicio del derecho de acceso a la información pública existente en los documentos, archivos y bases de datos de las entidades o instituciones públicas, las sociedades mixtas y las subvencionadas por el Estado, así como las entidades privadas que administren, manejen o reciban recursos públicos, beneficios fiscales u otros beneficios, concesiones o ventajas.” (Ley No. 621, 2014)

A los operadores de telefonía móvil, recomendamos realizar encuestas sobre la factibilidad de implementar LTE en la ciudad de Managua. Y anunciar los resultados, para ayudar a fines informativos y/o educativos.



BIBLIOGRAFÍA

Ericsson White Paper. (2009). *GSM/GPRS network architecture*.

4G Americas. (2014, Julio). Retrieved from <http://www.4gamericas.org/>

ABOUT.COM. (2014). *Telefonía celular: beneficios al usuario de redes LTE 4G*. Retrieved from <http://celulares.about.com/od/Smartphones/a/Telefonia-Celular-Beneficios-Al-Usuario-De-Redes-LTE-4g.htm>

ALCATEL-LUCENT. (2014). Retrieved from <http://www.alcatel-lucent.com/products>

ALCATEL-LUCENT. (2014). *ALCATEL-LUCENT*. Retrieved from <http://www.alcatel-lucent.com/products/9471-wireless-mobility-manager>

ALCATEL-LUCENT. (2014). *ALCATEL-LUCENT*. Retrieved from <http://www.alcatel-lucent.com/products/7750-service-router>

ALCATEL-LUCENT. (2014). *ALCATEL-LUCENT*. Retrieved from <http://www.alcatel-lucent.com/products/9100-multi-standard-base-station>

ALCATEL-LUCENT. (2014). *ALCATEL-LUCENT*. Retrieved from <http://www.alcatel-lucent.com/products/9412-enodeb-compact>

ALCATEL-LUCENT. (2014). *ALCATEL-LUCENT*. Retrieved from <http://www.alcatel-lucent.com/products/9226-base-station-compact>

ALCATEL-LUCENT. (2014). *ALCATEL-LUCENT*. Retrieved from <http://www.alcatel-lucent.com/products/7500-serving-gprs-support-node-sgsn>

ALCATEL-LUCENT. (2014). *ALCATEL-LUCENT*. Retrieved from <http://www.alcatel-lucent.com/products/5780-dynamic-services-controller-dsc>

CentralAmericaData.com. (2014). Retrieved from http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Tecnologia_4G_y_consumo_mvil_de_datos



- CentralAmericaData.com.* (2014, Junio). Retrieved from http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Una_Internet_centroamericana_integrada
- CentralAmericaData.com.* (2014). Retrieved from http://www.centralamericadata.com/es/article/home/LPR_REV_Lanzan_tecnologia_4G_en_El_Salvador
- CentralAmericaData.com.* (2014). Retrieved from http://www.centralamericadata.com/es/article/home/Telecom_Xinwei_comienza_a_invertir_en_Nicaragua
- Chimbo Rodríguez, M. C. (2014, Julio). ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DE EVOLUCIÓN DE REDES 3G Y SU CONVERGENCIA A LA TECNOLOGÍA 4G PARA REDES DE TELEFONÍA MÓVIL. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- CISCO. (2013). "Voice and Video over LTE: The Cisco Solution" .
- CISCO. (2014). CISCO. Retrieved from <http://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/asr-5000/index.html>
- CLARO. (2014, Junio). Retrieved from <http://www.claro.com.ni>
- Comes, R. A., Álvarez, F. B., Casadevall Palacio, F., Ferrús Ferre, R., Pérez Romero, J., & Sallent Roig, O. (2010). *LTE: Nuevas Tendencias en Comunicaciones Móviles*. Catalunya: Fundación Vodafone España.
- Descripción de GPRS y EDGE. (2014, Junio).
- G & D. (2014). *Giesecke & Devrient*. Retrieved from http://www.gi-de.com/es/trends_and_insights/lte_1/a_world_journey/lte-world-journey.jsp
- Ghadiyaly, Z. (2014, Agosto). *The 3G4G blog*. Retrieved from <http://blog.3g4g.co.uk/2009/02/mimo-schemes-in-lte.html>
- Guevara Toledo, A. P., & Vásquez Alarcón, V. G. (2013, Abril). *Estado actual de las redes LTE en Latinoamérica*. Cuenca, Ecuador.
- Harte, L. (2006). Introduction to WCDMA.



Hierrezuelo Crespillo, S. (2004, Julio). ESTUDIO DE LA CALIDAD DE SERVICIO OFRECIDA A SERVICIOS DE DATOS EN REDES CELULARES. Málaga, Málaga, España.

HUAWEI. (2013). "eWBB Product Specification".

HUAWEI. (2013). "Global - Enterprise - NLA - eWBB LTE".

HUAWEI. (2014). *Huawei*. Retrieved from HUAWEI: <http://www.huawei.com/en/products/core-network/index.htm>

HUAWEI. (2014). *HUAWEI*. Retrieved from <http://enterprise.huawei.com/en/products/wireless/elte-broadband-access/terminal/hw-198013.htm>

HUAWEI. (2014). *HUAWEI*. Retrieved from HUAWEI: <http://www.huawei.com/en/products/core-network/singlepc/ugw/index.htm>

HUAWEI. (2014). *HUAWEI*. Retrieved from HUAWEI: <http://enterprise.huawei.com/nla/products/network/wireless/lte/hw-144310.htm>

Infografía, El Sitio Geek. (2014, Junio 19).

Inga Ortega, E. M. (2014, Junio). *La telefonía móvil de cuarta generación 4G y Long Term Evolution*. Retrieved from http://ingenius.ups.edu.ec/documents/2497096/2497482/n4_Inga.pdf

ITU. (2014, Agosto). Retrieved Agosto 2014, from International Telecommunications Union: www.itu.int

ITU. (2014, Julio). Retrieved from International Telecommunications Union: <http://www.itu.int/ITU-R/index.asp?category=information&mlink=imt-advanced&lang=es>

Kioskea.net. (2014, Mayo). Retrieved from <http://es.kioskea.net/contents/818-redes-inalambricas>

Kioskea.net. (2014, Mayo). Retrieved from <http://es.kioskea.net/contents/682-telefonía-movil>

- Largaespada E., M. (2014, Junio). *El Nuevo Diario*. Retrieved from <http://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/274310>
- Leite, F., & Lambert, F. (2002). *IMT-2000 Terrestrial Radio Interfaces*.
- Ley No. 621. (2014, Agosto). *LEY DE ACCESO A LA INFORMACION PUBLICA*. Managua, Nicaragua.
- Ley No. 843. (2014). *LEY QUE REGULA LA UBICACIÓN, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE PARA EQUIPOS DE TELECOMUNICACIONES QUE HACEN USO DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO*. Managua, Nicaragua.
- López Muñoz, N. A. (2011, Abril). EFECTO DE LAS REDES DE CUARTA GENERACIÓN (LTE) EN LOS SERVICIOS MÓVILES EN CHILE . *EFECTO DE LAS REDES DE CUARTA GENERACIÓN (LTE) EN LOS SERVICIOS MÓVILES EN CHILE* . Santiago de Chile, Chile.
- Martínez, M. (2014, Junio). *La Prensa*. Retrieved from <http://noticias.laprensa.com.ni/2012/11/11/nacionales/123569-xinwei-se-queda-solo>
- Martínez, M. (2014, Junio). *LaPrensaMovil.com*. Retrieved from <http://m.laprensa.com.ni/reportajes-especiales/122082>
- Miñarro López, A. (2009). Diferencias entre la arquitectura de LTE y UMTS, Release 99.
- Montealegre Alfaro , F., Salas Cascante, M., Acuña Quirós, P., & Salazar Jara, J. P. (2014, Agosto). PROPUESTA DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE REDES MÓVILES CON LA TECNOLOGÍA "LONG TERM EVOLUTION (LTE)" EN COSTA RICA. San José, Costa Rica.
- MOVISTAR. (2014, Junio). Retrieved from <http://www.movistar.com.ni>
- Muñoz, K., Lara, R., & León, R. (2014). *Análisis de la tecnología Long Term Evolution (LTE) para su posible implementación en el Ecuador*.
- Nieto, A. (2014, Julio). *Xataka*. Retrieved from <http://www.xataka.com/otros/lte-y-lte-advanced-cual-de-ellos-es-realmente-4g>



- Poole, I. (2014, Agosto). *Radio-Electronics.com*. Retrieved from <http://www.radio-electronics.com/info/antennas/mimo/formats-siso-simo-miso-mimo.php>
- Radio La Primerísima*. (2014, Junio). Retrieved from <http://www.radiolaprimerisima.com/noticias/157719/arriban-primeros-equipos-de-empresa-telefonica-xinwei>
- Recio Peláez, J. M. (2014, Julio). *Arquitectura e interfaces en GPRS*. Retrieved from <http://es.scribd.com/doc/207841333/Gprs-intro>
- Red Gráfica Latinoamérica*. (2014, Mayo). Retrieved from <http://redgrafica.com/Breve-historia-de-los-celulares-y>
- Rueda Pepinosa, D. F. (2013). Marco de referencia técnico para el despliegue del servicio de IPTV sobre redes móviles LTE (Long Term Evolution) con calidad de servicio (QoS). *Marco de referencia técnico para el despliegue del servicio de IPTV sobre redes móviles LTE (Long Term Evolution) con calidad de servicio (QoS)*. Bogotá, Colombia.
- Sandoval Reyes, J. (2014, Junio). *Scribd*. Retrieved from <http://es.scribd.com/doc/76027540/HSDPA>
- Taringa*. (2014, Septiembre). Retrieved from <http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/16211561/Bandas-4G-LTE-para-verificar-compatibilidades-en-smartphones.html>
- TELCEL, Servicio Técnico R9*. (2014, Agosto). Retrieved from <http://dc439.4shared.com/doc/wgXnxQS2/preview.html>
- TELCOR*. (2014, Julio). Retrieved from <http://www.telcor.gob.ni/Default.asp>
- Teleco Español*. (2014, Julio). Retrieved from http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialgsm/pagina_1.asp
- Telefónica Investigación y Desarrollo, S.A. Unipersonal. (2010, Mayo 25). ¿Qué podemos esperar de LTE? - Ventajas y Prestaciones. *¿Qué podemos esperar de LTE? - Ventajas y Prestaciones*. Zaragoza, España. Retrieved from <http://www.aitar.org/archivos/Presentaciones%20Procom%202010/B1%20-%201.%20Telefonica.pdf>



- Wannstrom, J. (2014, Agosto). *3GPP - The Mobile Broadband Standard*. Retrieved from <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>
- Wikipedia. (2014, Junio). Retrieved from <http://es.wikipedia.org/wiki/HSPA%2B>
- Wikipedia. (2014, Junio). Retrieved from http://es.wikipedia.org/wiki/High-Speed_Downlink_Packet_Access
- Wikipedia. (2014, Junio). Retrieved from <http://es.wikipedia.org/wiki/HSUPA>
- Wikipedia. (2014, Junio). Retrieved from <http://es.wikipedia.org/wiki/HSPA>
- Wikipedia. (2014, Junio). Retrieved from <http://es.wikipedia.org/wiki/Backhaul>
- Wikipedia. (2014, Agosto 20). Retrieved from <http://es.wikipedia.org/wiki/WiMAX#Nicaragua>
- Wikipedia. (2014, Julio). Retrieved from <http://es.wikipedia.org/wiki/3GPP>
- Wikipedia. (2014, Julio). Retrieved from http://es.wikipedia.org/wiki/Subsistema_Multimedia_IP
- Wikipedia. (2014, Mayo). Retrieved from http://wikitel.info/wiki/Sistemas_4G#Funcionamiento
- Wikipedia. (2014, Julio). Retrieved from http://en.wikipedia.org/wiki/GPRS_core_network
- Wikipedia. (2014, Septiembre). Retrieved from http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_LTE_networks
- Xirio Online. (2014). *Xirio Online*. Retrieved from https://www.xirio-online.com/help/es/lte_key_features.html
- YOTA. (2014, Junio). Retrieved from <http://www.yota.com.ni>